

ANNALEN  
DER  
PHYSIK,  
NEUE FOLGE.

---

HERAUSGEGEBEN

VON

LÜDWIG WILHELM GILBERT

DR. D. PH. U. M., ORD. PROFESSOR D. PHYSIK ZU LEIPZIG,  
MITGLIED D. KÖN. GES. D. WISS. ZU HAARLEM U. ZU KOPENHAGEN,  
DER GESELLS. NATURF. FREUNDE IN BERLIN, DER BATAV. GESELLS.  
D. NATURK. ZU ROTTERDAM, D. LEIPZ. ÖKON. GES., U. D. GESELLS.  
ZU ERLANG., GRÖNING., HALLE, JENA, MAINZ, POTSDAM U. ROSTOCK;  
UND CORRESP. MITGLIED D. KAIS. AKAD. D. WISS. ZU PETERSBURG,  
DER KÖNIGL. BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISS. ZU MÜNCHEN, UND  
DER KÖN. GES. D. WISS. ZU GÖTTINGEN.

ZEHNTER BAND.

---

NEBST EINER KUPFERTAFEL.

---

LEIPZIG,  
BEI JOH. AMBROSIVS BARTH  
1812.

ANNALEN  
DER  
PHYSIK,  
NEUE FOLGE.

---

HERAUSGEGEBEN

VON

LÜDWIG WILHELM GILBERT

DR. D. PH. U. M., ORD. PROFESSOR D. PHYSIK ZU LEIPZIG,  
MITGLIED D. KÖN. GES. D. WISS. ZU HAARLEM U. ZU KOPENHAGEN,  
DER GESELLS. NATURF. FREUNDE IN BERLIN, DER BATAV. GESELLS.  
D. NATURK. ZU ROTTERDAM, D. LEIPZ. ÖKON. GES., U. D. GESELLS.  
ZU ERLANG., GRÖNING., HALLE, JENA, MAINZ, POTSDAM U. ROSTOCK;  
UND CORRESP. MITGLIED D. KAIS. AKAD. D. WISS. ZU PETERSBURG,  
DER KÖNIGL. BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISS. ZU MÜNCHEN, UND  
DER KÖN. GES. D. WISS. ZU GÖTTINGEN.

ZEHNTER BAND.

---

NEBST EINER KUPFERTAFEL.

---

LEIPZIG,  
BEI JOH. AMBROSIVS BARTH  
1812.



ANNALEN  
DER  
PHYSIK.

425-60

HERAUSGEGEBEN  
VON  
LUDWIG WILHELM GILBERT

DR. D. PH. U. M., ORD. PROFESSOR D. PHYSIK ZU LEIPZIG,  
MITGLIED D. KÖN. GES. D. WISS. ZU HAARLEM U. ZU KOPENHAGEN,  
DER GESELLS. NATURF. FREUNDE IN BERLIN, DER BATAV. GESELLS.  
D. NATURK. ZU ROTTERDAM, D. LEIPZ. ÖKON. GES., U. D. GESELLS.  
ZU ERLANG., GRÖNING., HALLE, JENA, MAINZ, POTSDAM U. ROSTOCK;  
UND CORRESP. MITGLIED D. KAIS. AKAD. D. WISS. ZU PETERSBURG,  
DER KÖNIGL. BAYERSCHEN AKADEMIE DER WISS. ZU MÜNCHEN, UND  
DER KÖNIGL. GES. D. WISS. ZU GÖTTINGEN.

VIERZIGSTER BAND.

---

NEBST EINER KUPFERTAFEL.

---

LEIPZIG,  
BEI JOH. AMBROSIIUS BARTH  
1812.

ANNALEN

LEB

P. H. Y. S. I. K.

VERLAGSSTELLE

VON

LUDWIG WILHELM GIBERT

Der Herr Dr. G. ist ein Mann von hohem wissenschaftlichen Rufe, der sich in der Geschichte der Naturwissenschaften, insbesondere in der Geschichte der Astronomie, auszeichnet. Er hat eine Reihe von wichtigen Arbeiten veröffentlicht, die die Aufmerksamkeit der Fachwelt auf sich gezogen haben. Seine Werke sind nicht nur für die Wissenschaftler, sondern auch für die interessierten Laien von großem Wert. Er hat sich besonders für die Geschichte der Astronomie interessiert, und hat eine Reihe von wichtigen Entdeckungen gemacht, die die Wissenschaften in diesem Bereich voranbringen. Seine Arbeiten sind von großer Genauigkeit und Sorgfalt, und sie verdienen die höchste Anerkennung. Er ist ein Mann, der sich für die Wissenschaften aufopfert, und der seine Kräfte für die Förderung der Wissenschaften einsetzt. Seine Werke sind von großem Interesse, und sie verdienen die höchste Anerkennung. Er ist ein Mann, der sich für die Wissenschaften aufopfert, und der seine Kräfte für die Förderung der Wissenschaften einsetzt.

VERLAGSSTELLE

VERLAGSSTELLE

LEBEN

VERLAGSSTELLE

1811

# Inhalt.

Jahrgang 1812. Band 1.

## Erstes Stück.

**I. Einige Bemerkungen über Muskular-Contraction,**  
von Paul Erman, Secr. d. phys. Kl. d. Ak.  
d. W. u. Prof. d. Phys. zu Berlin Seite 1

**II. Ueber die Wirkungsart der Muskeln, von Will.**  
**Hyde Wollaston, D.M., Secr. d. Londn.**  
**Soc.** 31

1. Von der Dauer der Muskelthätigkeit 34

2. Von der Seekrankheit 57

3. Von den heilfamen Wirkungen des Reitens und  
Fahrens 43

**III. Resultate verschiedener Versuche, angestellt,**  
**um die GröÙe der Kraftanwendung eines**  
**Menschen bei verschiedenen Arten von Tag-**  
**arbeit zu bestimmen, von Coulomb, Mitgl.**  
**des Instituts.** 48

GröÙe der Anstrengung und der nützlichen Wir-  
kung, und *Maximum* derselben, während einer  
Tagesarbeit:

beim Steigen mit und ohne Last 53

beim Gehen mit und ohne Last 64

beim Fahren von Lasten auf Schiebkarren 72

beim Schlagen und Rammen 74

beim Arbeiten an Kurbeln 77

beim Graben mit dem Grabscheit 79

IV. Beschreibung des Meteorsteins, der zu Char-  
fonville bei Beaugency (unweit Orleans) am  
23. Nov. 1810 herabgefallen ist, von Haüy,  
und Analyse desselben, als eine Anleitung  
zu Zerlegungen dieser Art, von Vauque-  
lin 83

V. Beschreibung und Analyse des Sodoliths, eines  
Grönländischen neuen Minerals, von Thom.  
Thomson, Mitgl. d. Edinb. Soc. 98

VI. Bericht eines französischen Physikers über  
Herrn von Göthe's Werk: Zur Farben-  
lehre 103

VII. Herabfallen dreier Meteorsteine am 8. Juli  
1811, unweit Burgoß in Alt-Kastilien 116

### Zweites Stück.

Die neuesten Entdeckungen über die Polarisirung  
und über die Farben des Lichtes, zusammen-  
gestellt von Gilbert. Seite 117

I. Ueber die Erscheinungen, welche die Brechung  
und die Zurückwerfung des Lichtes begleiten,  
von dem Oberlieut. Malus, Mitgl. d. Inst.;  
vorgel. am 7. Mai 1811 119

II. Ueber die Axe der Brechung der Kryalle und  
der organischen Körper, von Malus; vor-  
gelesen am 29. Aug. 1811 132

III. Ein Winkel- und Distanzmesser mittelst der  
doppelten Bilder des isländischen Krystalls,  
von Rochon, Mitgl. d. Inst. 141

IV. Ueber eine eigenthümliche Modification, wel-  
che die Lichtstrahlen beim Durchgehn durch  
gewisse durchsichtige Körper erleiden, und

über einige andere neue optische Erscheinungen, von Arago, Mitgl. d. Inst.; vorgel. am 11. Aug. 1811 Seite 145

V. Zweite Fortsetzung des Versuchs, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur mit einander verbunden sind, von Jacob Berzelius, Prof. d. Med. u. Pharm. und Mitgl. d. kön. Akad. d. Wiss. zu Stockholm.

Die Salpetersäure und die salpetrige Säure, als Beweise, daß der Stickstoff nicht chemisch einfach ist 162

1. Die Salpetersäure; Versuch, ihre Zusammensetzung durch ihre Sättigungs-Capacität zu bestimmen 163

Salpetersaurer Baryt 164

Salpetersaures Bleioxydul 166

Salpetersaures Ammoniak 168

Resultate 175

2. Basische und überbasische salpetersaure Salze 176

Basisches salpetersaures Bleioxydul 176

Ueberbasisches salpetersaures Bleioxydul 177

Basisches salpetersaures Kupferoxyd 184

3. Die salpetrigsauren Salze 186

Basisches salpetrigsaures Bleioxydul 186

Neutrales salpetrigsaures Bleioxydul 198

Ueberbasisches salpetrigsaures Bleioxydul 200

Andre salpetrigsaure Salze 202

VI. Einiges von Thieren, aus englischen Zeitschriften ausgezogen von Gilbert 209

1. Wie viel Flügelschläge macht ein Insekt beim Fliegen in einer Secunde 209

2. Das Spinnen-Gewebe 211

3. Beobachtungen über die fliegende Spinne, von Teed, Esq. 212

4. Die Spinne als Wetterverkündiger 214

5. Der fliegende Sommer 214

6. Bemerkungen über die Blutigel, von Peak 215

7. Zwei Vorfälle im Ganges mit einem Krokodill und einem Hayfische	Seite 173
8. Wanderungszeit einiger Schwalbenarten um London, von Th. Forster	219
VII. Eine neue Gasart, und Beantwortung des letz- ten Aufsatzes des Herrn Murray über das oxygenirt-salzsaure Gas von John Davy. Frei bearbeitet von Gilbert	220

### Drittes Stück.

I. Die Blausäure, die flüchtigste aller Flüssigkeiten, und Verdunstungskälte, welche sie erregt, von Gay-Lussac, Mitgl. d. Inst.	229
II. Dritte Fortsetzung des Versuchs, die bestimm- ten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorgani- schen Natur mit einander verbunden sind, von Jacob Berzelius, Prof. d. Med. u. Pharm. und Mitgl. d. kön. Akad. d. Wiss. zu Stockholm.	
Die Gesetze der Verbindungen des Wassers, und der Bildung der basischen Salze und der Dop- pelsalze enthaltend; sammt den Resultaten der ganzen Untersuchung	235
Unmöglichkeit, einige Säuren für sich darzustellen	237
Krytallwasser der Salze	241
I. Gesetze für die Verbindungen des Wassers	246
A. Verbindungen mit Säuren	
Weinsteinsäure	246
Citronensäure	248
Sauerkleeßäure	250
Resultate	251
B. Verbindungen mit Basen (Hydrate)	
mit den Alkalien und alkalischen Erden	254
mit Thonerde	260
mit Kieselerde	265
mit Eisenoxyd	266
mit Zinnoxid	273

## C. Verbindungen mit Salsen (Kryſtallwaſſer)

Weinſteinſaures Kali Seite 275

Schwefelſaures und eſſigſaures Natron 277

Eſſigſaurer Kalk 279

Salzſaures, ſalpeterſaures, ſchwefelſaures, ſauer-  
kleelſaures Ammoniak 279

Salzſaurer Baryt 283

Schwefelſaurer und ſalzſaurer Kalk 283

Schwefelſaures Eiſen- und Zink-Oxydul 285

Schwefelſaures Kupferoxyd 286

Salpeterſaures Wiſmutoxydul 286

Schlüſſe 287

### II. Geſetze für die Bildung der baſiſchen Salze 289

Baſiſches ſchwefelſaures Eiſenoxyd 293

Baſiſches ſchwefelſaures Kupferoxyd 300

Baſiſches ſchwefelſaures Wiſmutoxydul 300

Baſiſche ſalpeterſaure und ſalpetrigſaure Salze 301

Kohlenſaures Kupferoxyd 301

Baſiſche ſalzſaure Salze 303

Folgerungen 304

### III. Geſetze für die Bildung der Doppelfalze 305

1. Doppelfalze aus zwei Baſen und einer Säure 305

Schwefelſaure Ammoniak-Magnesia 307

Schwefelſaures Ammoniak-Kupferoxyd 308

Alaun 309

Ein baſiſches Doppelfalz 314

2. Doppelfalze aus zwei Säuren oder Säure-vor-  
ſtellenden Körpern, und aus einer Baſis

### IV. Allgemeine Ueberſicht der Reſultate der Verſuche, welche in dieſen verſchiedenen Abhandlungen be- ſchrieben ſind 320

### III. Reſultate aus einer Abhandlung, welche Herr Gay-Luſſac über die Verbindungen aus drei Beſtandtheilen in der Geſellſch. zu Arcueil am 10. Febr. 1811 vorgeleſen hat 331

### IV. Beſchreibung des oſtindiſchen Butterbaums und Vergleichung deſſelben mit andern Bäumen deſſelben Geſchlechts, v. Will. Roxburgh, M. D. 534

### V. Ein Mittel, Schiffbrüchige zu retten, von Cum- berland, Eſq. 341

**VI. Vergrabung und Wiederausgrabung von Berg-  
leuten zu Lüttich** Seite 345

**VII. Zufälle, durch 600 Zentner Quecksilber ver-  
anlaßt, welche in den untersten Raum eines  
Schiffs gelaufen waren, vom Dr. Baird,  
Gen. Med. d. Marine** 347.

### Viertes Stück.

**I. Untersuchungen über die Erscheinungen und  
die Ursachen des Winterschlafs einiger Säug-  
thiere, von Prunelle, Prof. der Medic. zu  
Montpellier; abgekürzt und frei dargestellt  
von Gilbert** 349

**II. Die Optik des Ptolemäus, verglichen mit der  
Euclid's, Alhazen's und Vitellio's, von De-  
lambre, Secr. d. math. Kl. d. Inst. Vorgel.  
im Inst. im Octbr. 1811. Frei bearbeitet von  
Gilbert** 371

**III. Ueber einige theoretische Modificationen der  
Dalton'schen Hygrologie; und über die prak-  
tische Anwendbarkeit seiner Hygrometrie.  
Von Paul Erman, Secr. d. phys. Klasse und  
Prof. d. Phys. zu Berlin** 389

**IV. Die Stofsgesetze harter Körper, aus der me-  
chanischen Hauptgleichung erwiesen, vom  
Commissionsrath von Buisse, Prof. d. Math.  
u. Phys. in Freyberg** 431

**V. Nachrichten von dem Meteorsteine, der am 15.  
April 1812 zu Erxleben, zwischen Magdeburg  
und Helmstädt herabgefallen ist, vom Professor  
Hausmann in Göttingen und dem Director  
Vieth in Dessau** 450  
Authentisches Protocoll 453

**VI. Einige Zusätze und Berichtigungen zu der unter  
II. mitgetheilten Notiz, des Ptolemäus Optik  
betreffend, vom Prof. Mollweide in Leipzig** 460



---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

JAHRGANG 1812, ERSTES STÜCK.

---

## I.

*Einige Bemerkungen über Muskulär-Contraction,*

von

PAUL ERMANN,

Secr. der phys. Kl. d. Ak. d. W. u. Prof. d. Phys. an  
der Univerf. zu Berlin.

Ob der Versuch je gelingen werde, die lebendige Muskular-Kraft der thierischen Körper auf die mechanischen und chemischen Gesetze der leblosen Materie zurückzuführen, kann *a priori* nicht entschieden werden. Dafs man aber bei diesen Bemühungen sich dem Ziele immer mehr nähern könne, leidet keinen Zweifel, und selbst dieses ist schon bedeutend für das Interesse der Theorie und der Praxis.

Schon die blofse Ueberficht der verschiedenen Theorien, die man bis jetzt erdacht hat, um das Aufschwellen und die Zusammenziehung der Muskeln zu erklären, ist hinreichend, zwei wesentliche Fehler bemerkbar zu machen, an denen alle diese Theorieen, obgleich in verschiednen Graden, leiden.

Annal. d. Physik. B. 40. St. 1. J. 1812. St. 1. A

Der erste Fehler ist, daß man stets nur die höheren Thierarten im Sinne gehabt hat. Alles, was man an der äußern und innern Constitution ihrer Muskeln wahrnahm, hielt man für gleich wesentliche und unablässige Bedingung der Muskular-Bewegung, und jedes mechanische Gesetz, welches sich auf irgend eine dieser Modificationen der Muskular-Struktur höherer Thierarten beziehen ließ, hat zu seiner Zeit für die ausschließend wesentliche Bedingung aller animalischen Bewegung gegolten. Seitdem eine gründlichere Einsicht in den ganzen Umfang der thierischen Wesen, als das Ziel der Physiologie anerkannt worden ist, hat man das Beschränkte dieser Aufstellung des Problems nicht unbemerkt gelassen. An den äußersten Gränzen des Thierreichs verschwinden beinahe alle die Charaktere, welche man bei den Muskeln höherer Thierarten für wesentliche Bedingungen jeder Thätigkeit hielt; nichts destoweniger erscheint auch hier die thierische Materie gleichfalls mit der Fähigkeit begabt, sich durch innere und äußere Reizungen zusammenzuziehen. Die faserige Textur, die Anhängung in längliche Bündel, die spindelförmige Gestalt, welche zwischen zwei festen Anheftungspunkten eine bauchige Erweiterung darbietet, ja selbst die Insertion von bestimmten Zweigen des vaskulösen Systems, sind daher nur als Modificationen zu betrachten, welche nicht wesentlich zum Zweck der thierischen Contractilität gehören, sondern nur zu Nebenzwecken dienen, nämlich zur

grölseren Bestimmtheit, Leichtigkeit und Ausdauer dieser ursprünglichen thierischen Function bei vollkommeneren Thieren; da bei den gallertartigen Mollusken und bei den aus einer einfachen Membran bestehenden Zoophyten, selbst das Vergröflserungsglas, keinen von diesen Charakteren entdeckt, und doch die Muskular-Contractionen in ihnen ohne Zweideutigkeit Statt finden. Lassen wir aber diese secundären Modificationen der thierischen Bewegungsorgane fallen, so bleibt uns, als wesentlicher Charakter derselben, nur die Grundeigenschaft übrig, daß die innere Cohäsion ihrer Bestandtheile veränderlich ist, so daß sie durch die sogenannten Reize bald gesteigert, bald vermindert werden kann. Diese Eigenschaft ist aber etwas Ursprüngliches, als solches nicht weiter zu Bezweifelndes. Denn ob das absolute Volum eines Muskular-Organs während der Contraction in sich vermindert werde, ist bekanntlich bezweifelt worden; ja man hat es sogar auf den Grund factischer Untersuchungen geläugnet: daß man aber mehr Kraft verwenden müsse, um einen lebendigen so eben contrahirten Muskel, als um einen todten oder schlaffen zu zerreißen, kann man nicht bezweifeln, selbst abgesehen von den evidentesten Thatfachen; denn es ist dieses gewissermaßen das Phänomen der Contraction selbst, mit andern Worten ausgedrückt.

Der zweite Fehler, der sich an den bisherigen physikalischen Theorien der Muskular-Contraction rügen läßt, ist, daß man in ihnen meistens nur

das Mechanische dieser Zusammenziehung beachtet hat; man verglich *bedingte* Bewegung im Muskel mit irgend einer ähnlichen Bewegung eines unorganischen Systems, und erklärte und berechnete sie nach den Gesetzen dieses als Bild dienenden leblosen Mechanismus; das *bedingende* aber, das wahrhaft urfachliche, wurde zu oft übersehen; wie nämlich es denkbar sey, daß der Reiz, als chemische Action beginnend, in eine mechanische Kraftäußerung ende.

Die elektrischen Reizversuche, welche sich seit Galvani zu einer schätzbaren, aber etwas schwerfälligen Masse angehäuft haben, gewährten schon früh über manches einzelne Detail der Muskular-Contraction mehrere genügende Aufschlüsse. Späterhin ergab sich, daß bei dieser Klasse von elektrischen Wirkungen stets auch ein chemischer Gegensatz eingeleitet wird, so daß der nicht unbequeme Ausdruck: einer durch  $+E$  und  $-E$  bedingten Oxygen- und Hydrogen-Polarität, nunmehr durch viele Thatfachen gerechtfertigt ist. Und nun entstand für die Physiologie die Hoffnung, in die chemischen Bedingungen des Muskular-Reizes mit faktischer Klarheit einzudringen. Aber das Mechanische des Phänomens, das Band, wodurch für gewisse thierische Theile eine erhöhte innere Cohäsion mit dem veränderten chemischen Zustande zusammenhängt, liegt noch in einem solchen Dunkel, daß meines Wissens noch niemand gewagt hat, hierüber auch nur eine Ahnung auszusprechen: dieser

Umstand allein schon läßt mir einige Nachsicht für den folgenden rohen Versuch erwarten, einem Zusammenhange beider Klassen von Erscheinungen nachzuspüren.

1,

Aus mehreren Wahrnehmungen, die sich mir bei einer früheren Untersuchung darbieten, hielt ich mich unlängst für berechtigt das Resultat zu ziehen, daß bei Anwendung des elektrischen Processes auf unorganische Körper, erweislich, *zugleich mit der galvanisch - veränderten chemischen Verwandtschaft auch eine Modification der mechanischen Cohäsion* gegeben sey \*), Hat es mit diesem Resultat seine Richtigkeit, so könnte uns vielleicht hierdurch der Weg vorgezeichnet seyn, auf dem wir für die Muskular-Contraction, welche ihrem Wesen nach nichts als erhöhte Cohäsion ist, den Uebergang von der bedingenden chemischen zur bedingten mechanischen Action zu suchen hätten.

Wenn in einer kräftig wirkenden elektrischen Säule der Zuleiter des einen Pols eine bedeutende Leitungsfähigkeit und zugleich eine große innere Beweglichkeit besitzt, (wie z. B. Quecksilber,) und wenn der Zwischenleiter ein durch Galvanismus chemisch zersetzbarer Körper ist, so entsteht im Augenblick der Schließung der Säule ein erhöhter Grad von wechselseitiger Cohäsion zwischen beiden, der sich durch sehr bedeutende Erschütterungen und Aenderung in der Gestalt der gemeinschaftlichen Begrenzung beider

\*) Wahrnehm. über das gleichzeit. Entstehn im mechan. Cohärenz u. chem. Verwandtschaft, *Annal. N. F. B. 2. S. 263 f.*

Körper äußert, wodurch das ganze System in Bewegung geräth.

Diese allgemeine Analogie verwandelt sich in ein auffallend treues Bild aller Details einer durch Galvanismus bedingten Muskular-Contraction, wenn man folgende Zusammenstellung wählt, auf die ich erst geführt wurde, nachdem ich die erwähnte Abhandlung bekannt gemacht hatte.

Man hänge an dem einen Arme einer genugsam empfindlichen Wage, mittelst eines feinen Metalldrahts, eine gut centrirte Adhäsions-Platte, stelle unter derselben eine Quecksilberfläche, die mit einer sehr dünnen Wasserschicht bedeckt ist, bringe die Adhäsions-Platte mit diesem Wasser in Berührung, und lege in die Wageschale an dem andern Arme so viel Gewicht, daß die Platte nicht bloß schwebend erhalten werde, sondern daß auch die ganze Wassermenge sich unter ihr in Gestalt einer cylindrischen Hohlkehle anhäuft, und dem Abreißen möglichst nahe sey. In diesem Zustande befand sich meine Wage, als ich sie mit dem einen Pole, und das Quecksilber mit dem entgegengesetzten Pole einer thätigen elektrischen Säule verband, die ich in 2 gleichen noch unverbundenen Theilen aufgebaut hatte; noch war also der Kreis nicht geschlossen. Diese Schließung geschah mittelst eines Hebels, der die in 2 gleiche Schenkel getheilte Säule in Verbindung setzte, ohne der weit davon entfernten Wage die mindeste Erschütterung mitzutheilen. Im Moment der Schließung erhielt die Platte durch die vermehrte Cohäsion des Was-

fers und des Quecksilbers einen bedeutenden Impuls; sie wurde heruntergezogen, während das Wasser rund umher von ihrer Peripherie hervorschnellte, wodurch die mit einigen Unzen beschwerte Wage sich bedeutend neigte. Diese Bewegung war jedoch mehr ein Stoß oder eine Zuckung zu nennen, als ein dauernder Ausschlag; denn kurz nach der Schließung, und während sie noch dauerte, ging der Wagebalken beinahe wieder in seinen vorigen Stand zurück. Der ihr im Moment der Schließung mitgetheilte Impuls war hingegen so lebhaft und deutlich, daß die entgegengesetzte Schale dadurch meistens in pendelartige Bewegungen gerieth, und die Zunge der Wage mehrere Grade ihres Bogens durchlief. Diese ausgezeichnete Wirkung bleibt nie aus, und ist auch an beiden Polen meistens gleich.

Daß diese Bewegung durchaus nicht eine gewöhnliche elektrometrische Anziehung ist, habe ich für andere Erscheinungen dieser Klasse bewiesen; auch ergibt sich das von selbst schon aus der Größe der Massen, die in Bewegung gesetzt werden, und aus dem Umstande, daß das ganze System unisoliert seyn kann, ohne daß dieses irgend einen Einfluß auf den Erfolg hat. Die Adhäsions-Platte giebt uns folglich hier das treue Bild einer Schließungs-Contraction, deren Bedingung keine andere ist, als gleichzeitige Aenderung der chemischen Verwandtschaft und mechanischen Cohäsion zwischen feste und feuchte Leiter. Diese Bedingungen aber sind

auch das, was wir als das Wesentliche bei der galvanisch gereizten Muskelfaser vorfinden.

Die Aehnlichkeit der Bewegungen der Wage mit denen der gereizten Muskelfaser beschränkt sich indeß nicht auf diesen ersten Zug. Oeffnet man den Kreis, nachdem der Wagebalken wieder in Ruhe gekommen ist, so stellt sich das vorige Gleichgewicht der Cohäsionskräfte nach aufgehobener chemischer Reaction wieder ein, aber immer mit einer solchen Beschleunigung, daß das System wiederum erschüttert wird, und die Platte jedesmal losreißt, wobei der Wagebalken die *Trennungs-Contraction* des Muskels nachahmt. Also auch hier geschieht der Uebergang aus einer bestimmten Thätigkeit in die vorige Indifferenz durch eine positive Bewegung, ähnlich der, welche die erste Aufhebung des Gleichgewichts bezeichnete.

Ich sage *ähnlich*, — aber nicht gleich. Und dieses begründet eine dritte Uebereinstimmung des Bildes mit der bezeichneten Sache. In der That, so wie die Schließungs-Contraction des Muskels allerdings sich durch einige, obgleich schwer aufzufassende, aber doch reelle Charaktere, von der Trennungs-Contraction unterscheidet; so lindet wir es auch hier bei der auf veränderte Cohäsion sich gründenden Schließungs- und Trennungs-Zuckung der Wage. Bei der *Schließung* reißt die Platte durchaus nie ab, so nahe dem Abreißen sie auch durch das aufgelegte Gegengewicht, und so heftig und erschütternd der Impuls gewesen seyn



mag. Bei der *Trennung* hingegen geschieht unausbleiblich das Gegentheil; und wenn man auch das Gegengewicht bedeutend vermindert, so ist doch die positive Acceleration, mit welcher sich der vorige Grad der Cohäsion wieder darstellt, stets so groß, daß die Platte abgestoßen wird.

Endlich treten noch während der ganzen Zeit des Geschlossenseyns der Kette an der Adhäsionsplatte gewisse Bewegungen ein, die eine wunderbare Analogie mit dem haben, was wir unter gleichen Umständen am gereizten Muskel wahrnehmen. Die Wage nemlich bleibt in Ruhe, die Adhäsionsplatte, die sie trägt, liegt oder fällt *also* nicht; wenigstens nicht merkbar; aber dessen ungeachtet findet während der ganzen Zeit des Geschlossenseyns eine innere Vibration der flüssigen Theile des Leiters Statt, die sich durch Schwingungen und Undulationen anzeigt, welche zu schnell auf einander folgen, und eine zu geringe absolute Intensität haben, um den Wagebalken in wahrnehmbare Schwingungen zu versetzen. Die Ursache dieser so schnell auf einander folgenden Undulationen ist wahrscheinlich keine andere, als die partiellen Entladungen der galvanischen Elektricität, welche durch die unvollkommene Ableitung des Wassers nie absolut abgeglichen werden kann; so daß stets auf kleine sich anhäufende Grade der Spannung gleiche partielle Grade der Entladung folgen. Während des Anhäufens wird nun die absolut gesteigerte Cohäsion etwas über ihr Maximum gebracht, um bei der ihr

correspondirenden partiellen Entladung etwas unter das Maximum zu fallen, woraus ein Schwanken der Berührungsfläche des Wassers und des Quecksilbers über und unter die eigentliche Curve, die für sie durch das Schließen überhaupt bestimmt wird, entstehen muß. Mit einem Worte, der erhöhte Grad der Cohäsion bleibt sich nicht absolut gleich während des Geschlossenseyns; er leidet continuirlich kleine partielle Ab- und Zunahmen, obgleich im Ganzen die Cohäsion gesteigert bleibt, so lange der geschlossene Kreis die chemische Zersetzung einleitet.

Beim gereizten Muskel springt nun das Analoge hiervon ganz deutlich in das Auge. Auf die Schließungs-Contraction folgt ein Zustand, wo der Muskel seine absolute Lage nicht mehr durch eigentliche Zuckungen anderweitig ändert, wo man aber doch leicht ein inneres Schwingen und Oscilliren der Muskelbündel wahrnehmen kann, welches nur mit dem Oeffnen des Kreises aufhört. Und sollte uns diese Beobachtung in einigen Fällen schwierig werden, so können wir uns geradezu auf unser eigenes Gefühl berufen, das wir haben, während wir uns im Kreise einer kräftigen Säule befinden. Die kriebelnde Empfindung, die nur beim Oeffnen der Säule aufhört, zeigt deutlich an, daß der hervorgebrachte Zustand von Spannung stets innerhalb gewisser Grenzen schwankt; und daß die Ursache, die ihn bedingt, nicht mit einem durchaus constanten Grade gereizt ist.

Wir haben also an diesen Bewegungen eines unorganischen Systems ein auffallend treues Bild der Veränderungen, die unter ganz gleichen Umständen das organische System des Muskels erleidet; und wie einst Volta seiner Säule die Form eines elektrischen Fisches gab, um gleichsam spielend die Identität beider Wirkungen um so anschaulicher zu machen, so könnte man leicht an einer Zusammenfügung von Hebeln mittelst einer Adhäsions-Platte alle mechanischen Erfolge der galvanischen Reizung darstellen. Ob das chemische Princip in beiden Erscheinungen dasselbe sey, oder ob vielmehr das galvanische Automat eben so wenig der wahren Bedingung thierischer Contractionen folgt, wie etwa das von Edgeworth verfertigte hygroskopische den Park durchwandernde Reh; ist eine Frage, die allerdings einen ernstern würdigeren Ausdruck verdient, als den sie hier erhält.

Auf jeden Fall entstehen oft aus der Aehnlichkeit einer neuen Reihe von Erscheinungen mit den längst bekannten, neue Momente der Untersuchung, an die man sich nicht scheuen muß, die factische Prüfung anzuknüpfen; denn wo von Qualitäten die Rede ist, würden wir keine bedeutenden Fortschritte machen, wenn es gesetzlich wäre, sie nur nach bereits erwiesenen Analogien aufzufuchen.

## 2. Schließungs- und Trennungs-Zuckungen

Die Schließungs- und Trennungs-Zuckungen der Wage durch vermehrte und verminderte Cohäsion führen folgende Momente der Untersuchung herbei:

1. Vermindert sich im Momente der Schließungs-Contraction des Muskels das absolute Volumen desselben?

2. Vermindert es sich ebenfalls, oder *vermehrte* es sich vielleicht über sein mittleres Volumen bei der Trennungs-Contraction?

3. Wie verhält sich das Volumen und der ganze Zustand des Muskels während des Geschlossenseyns und des Aufschwellens überhaupt?

4. Wie hat man sich zufolge faktischer Analogien mit den anorganischen Erscheinungen die Störung des chemischen Gleichgewichts bei galvanisch-gereizten thierischen Theilen zu denken?

Die Wichtigkeit der *ersten* Frage hat man schon früh gefühlt, und viel theoretischen und mathematischen Scharf sinn auf die Auflösung derselben verwendet, und ist auch hie und da zu empirischen Untersuchungen geschritten; doch erhielt man auf beiden Wegen widersprechende Resultate. Denn nach einigen soll der contrahirte Muskel sein absolutes Volumen vermindern, nach andern nicht. Die *zweite* Frage, die Trennungs-Contraction betreffend, ist, so viel ich weiß, nie einer faktischen Untersuchung unterworfen worden. Dasselbe gilt von der *dritten* Frage, welche die Dimension des Muskels während des Geschlossenseyns betrifft, oder allgemeiner ausgedrückt, während einer anhaltenden Contraction überhaupt, es sey durch äußere Reizmittel, oder durch das Innere des Willens bei einer gleichförmig dauernden auf Bewegung gerichteten Gehirnthatig-

keit (*Cephalergium motus*). Diese drei ersten Fragen sind so nahe verwandt und der Weg zu ihrer Beantwortung ist so übereinstimmend, daß wir sie hier füglich zusammenfassen können; und nur die vierte, über das Entliehen des gestörten chemischen Gleichgewichts, werde ich abgefordert und für sich behandeln.

## 3.

Um über die Volum-Veränderungen des Muskels in den drei Perioden der galvanischen Reizung auf empirischem Wege etwas festzustellen, nahm ich einen Glas-Cylinder von 7 Zoll Höhe und 2 Zoll Weite, schliff in ihn nahe am Boden ein kleines Loch ein, und pastete auf die Mündung des Cylinders einen gut zubereiteten Korkstöpel völlig wasserdicht. Durch den Kork gieng eine oben und unten offene Glasröhre von sehr engem Calibér und außerdem noch ein Platindraht. Ein ähnlicher Draht wurde in das untere in den Cylinder eingeschliffene Loch wasserdicht eingekorkt. Darauf schnitt ich von einem lebendigen Aal ein Stück 4 bis 5 Zoll lang, und zwar an der Stelle des Schwanzes ab, wo keine Höhlung mehr zur Aufnahme der Eingeweide ist, und die als ein Continuum von Muskeln zu betrachten ist. Das Rückenmark wurde mit dem einen Draht, und irgend ein Punkt der Muskeln mit dem andern Drahte verbunden, und so der thierische Theil in den mit Wasser ganz angefüllten Cylinder gebracht. Durch das Aufdrücken des Deckels zur Verschließung des Ganzen flieg natürlich etwas Was-

fer in die Glasröhre; die Stelle, wo es darin stehen blieb, wurde genau bezeichnet, und nun zur Reizung des thierischen Präparats mittelst einer mächtig starken Säule geschritten.

Bei den häufigen Wiederholungen dieses Processes sowohl mit demselben thierischen Individuo, als mit verschiedenen andern, erhielt ich stets dasselbe Resultat. Im Moment der Schließung fiel jedesmahl das Wasser in der Röhre um 4 bis 5 Linien, und zwar mit einem einzigen Ruck, der so instantan war, wie das Contrahiren des Muskels selbst. Bald darauf stieg das Wasser, ungeachtet die Kette geschlossen blieb, wieder auf das vorige Niveau, aber viel langsamer, als es gefallen war; und so erhielt es sich ohne wahrnehmbare Veränderung während der ganzen Dauer des Geschlossenseyns. Bei der Trennungs- Contraction endlich fiel das Wasser wieder eben so schnell und eben so tief, als bei der Schließungs- Contraction, und nachher stellte sich das vorige Niveau wieder her.

Diese Erscheinungen haben etwas Paradoxes, denn sie scheinen mit keiner Theorie übereinzustimmen; weder mit der, welche eine Verminderung des Volums bei der Muskularaction festsetzt, weil während des Geschlossenseyns, wo doch der Muskel nicht in seinem natürlichen Zustande ist, keine wahrnehmbare Verdichtung Statt findet; noch mit der entgegengesetzten Theorie, weil im Moment des Schließens und Oeffnens, wo doch die eigentliche Contraction eintritt, allerdings eine Verdichtung

des Muskels angezeigt wird. Hieraus erklärt sich auch die Möglichkeit des negativen Resultats in Gilpin's Versuchen, als er auf demselben Wege, den wir so eben einschlugen, durchaus *keine* vermehrte Dichtigkeit bei den gereizten Muskeln des Aals wahrnahm. Er wendete aber auf das thierische Präparat bloß mechanische Reizmittel an. Nun wirken diese nie so kräftig und so instantan, wie die Elektrizität, daher mag in seinen Versuchen die Schließungs- Contraction ganz weggefallen und der thierische Theil geradezu in einen Zustand versetzt worden seyn, dem des Geschlossenseyns der Kette gleich, ohne diejenige Acceleration zu zeigen, welche das Oeffnen und Schließen derselben charakterisirt.

Aus unsern Versuchen ergibt sich nun aber, daß die Schließungs- und Trennungs- Contraction allerdings mit einer nicht ganz unbedeutenden Vermehrung der Dichtigkeit im Muskel verbunden ist, und daß in dieser Hinsicht Croone und Gilpin Unrecht hatten, sie zu läugnen. Es bedarf also für diesen Fall nicht Croone's mathematisch - atomistischer Hypothese, daß die Molekullen der Muskelfaser Sphäroiden sind, die während der Turgeszenz mit der kurzen Axe, während der Erschlaffung mit der langen Axe in der Richtung der Muskelfaser liegen, um begreiflich zu machen, wie der Raum, *den sie erfüllen, nie* verkleinert wird, da wir sehen, daß dieser Raum bei der Contraction wirklich vermindert wird.

Wichtiger noch ist das Resultat in Hinsicht auf die Trennungs-Contraction. Sie wird uns hier als ihrem Wesen nach gleichartig mit der Schließungs-Contraction gegeben; sie ist also nicht, wie viele *a priori* geschlossen haben, die bloße Rückkehr zum vorigen Grade des natürlichen Tons, (ein bloßes Nachlassen desjenigen, was übermäßig gespannt war;) sondern diese plötzliche Aufhebung des gestörten Gleichgewichts, welche mit einer gewissen Acceleration eintritt, bedingt etwas Positives, eine eben so große Verminderung des Volumens, wie bei der Schließungs-Contraction. Einer andern Hypothese gemäß, sollte die Trennungs-Contraction in einer wahren mechanischen *Expansion* bestehen, während nur die Schließungs-Contraction wahrhaft *contractiv* wirke. Das Resultat unseres Versuchs ist dieser Hypothese eben so ungünstig: demselben gemäß ist die Trennungs-Contraction der Art und dem Grade nach eben so eine wahre *Contraction*, eine wahre Vermehrung der Dichtigkeit, wie die Schließungs-Zuckung.

Höchst paradox erscheint aber in unserm Versuche der Zustand des Muskels während des Geschlossenseyns der Kette. Die Dimensionen desselben sind dieselben, wie im ungereizten Zustande, ungeachtet der Spannung und der erhöhten Thätigkeit, in welcher er begriffen ist.

Um diesem Punkte die Aufmerksamkeit zu widmen, welche er verdient, wollen wir vorläufig noch einmal auf unsere Cohäsions-Versuche zurückblik-



ken. Bewundernswerth ist ihre durchgängige Uebereinstimmung mit dem Detail der eben erwähnten Dimensions-Schätzungen. Wo sich die Adhäsions-Platte dem flüssigen Leiter mit Beschleunigung näherte, da näherten sich auch an einander die Elemente des Muskels, und das Wasser fiel mit Beschleunigung, nemlich bei der Schließung und Trennung; und wo während des Geschlossenseyns der die Platte tragende Hebel wieder in die vorige horizontale Lage zurücktritt, da steigt auch das Wasser in der Röhre wieder auf sein voriges Niveau, und zwar in beiden Fällen mit einer ähnlichen Geschwindigkeit, die viel geringer ist, als die des Fallens bei der Schließung und Trennung. Das Hin- und Herschwingen des Wassers unter der Adhäsions-Platte, und die darauf sich beziehenden Undulationen des Systems der flüssigen Leiter, beweisen aber, daß dessen ungeachtet während des Geschlossenseyns kein absolut beharrlicher Adhäsions-Zustand Statt findet, sondern daß vielmehr eine Reihe von elektrischen Spannungen und Entladungen schnell auf einander folgen, welche correspondirende gleiche Cohäsions-Zunahmen und Abnahmen so continuirlich bedingen, daß die Platte und der sie tragende Hebel in scheinbarer Ruhe schweben; obgleich sie in der That von zwei entgegengesetzten Kräften sollicitirt werden. Alle Versuche, die Beweglichkeit des Hebels so groß zu machen, daß sich die entgegengesetzten Wirkungen, welche die Un-

dulationen bedingen, auch an ihm ausprägen, sind bis jetzt fruchtlos geblieben.

Als ich an die vergleichende Untersuchung der unter Wasser gemessenen Dimensionen gieng, hatte ich die Hoffnung, es würde sich hier an einer zitternden Bewegung der gehobenen Wasserläule der innere Wechsel der Cohäsions-Zustände des Muskels während des Geschlossenseyns eben so äußern, wie an den Undulationen der Platte. Dieses erfolgte aber nicht; die Wasserläule schien unbeweglich eben wie der Wagebalken, und begreiflich aus derselben Ursache. Wie dieser zeigt sie nur das totale Resultat, = Ruhe, an, nicht aber die partiellen, Schwingungsartigen, entgegengesetzten Bewegungen, die im Innern des Muskels während einer fortgesetzten Contraction Statt finden.

Ich mußte mich also nach anderen Wahrnehmungen umsehen, um über die Realität dieses innern Wechsels der Cohäsions-Zustände des Muskels während der Turgescenz etwas Befriedigendes zu erforschen. Das Resultat dieser Wahrnehmungen ist, daß weder der galvanische äußere Reiz, noch der innere der Willensthätigkeit, je den Muskel in eine beharrliche, absolute, gleichförmig dauernde Spannung versetzen können, sondern daß dieser Zustand der Turgescenz immer ein Resultat ist sehr vieler auf einander folgenden partiellen Actionen, deren Rhythmus verschieden, und zwar um so schneller ist, je größer die Intensität der totalen Muskular-Action ist. Ich finde, daß die Wahrnehmun-

gen, auf welche sich diese Meinung stützt, durch zwei Sinne zu erhalten sind: durch das Gemeingefühl und durch eine akustische oder wenigstens pseudo-akustische Sensation.

Giebt man auf sich Acht während irgend einer durch anhaltende Willensthätigkeit fortgesetzten Anstrengung eines Gliedes, wie bei den gewöhnlichen gymnastischen Uebungen oder Proben der Kraft des Armes, so wird man ohnfehlbar durch das Gemeingefühl unzweideutige Spuren eines Wechsels von Anstrengen und Nachlassen, von Contractionen und Relaxationen wahrnehmen. Man halte z. B. das Rapier mit verwendeten Augen dem Gegner hin, damit er in ganz willkürlichen Tempos sein Mögliches versuche, um es uns aus der Faust zu schlagen oder zu liiren: oder man ergreife eine Jagdflinte bei der Mündung, und halte sie mit ausgestrecktem Arme in horizontaler Richtung: oder man falle zwischen die Zähne einen Stab, dessen entgegengesetztes Ende durch Belastung ein großes Moment des Widerstandes leistet; so hat man in allen diesen Fällen nicht das coenästhetische Gefühl einer auf einen gewissen Grad gestimmten und continuirlich darin beharrenden Contraction, sondern man fühlt vielmehr eine Reihe von Abfällen, gleichsam von Impulsen, deren absolute Stärke und Schnelligkeit des Wechsels immer im genauen Verhältnisse ist mit dem Grade der Kraftäufserung, mit welcher der Wille die Muskeln anstrengt. Die Spannung des Muskels erscheint uns also nicht

als eine absolute sich gleich bleibende Stimmung der ein für allemal erhöhten Cohäsion, sondern das Gefühl deutet ganz bestimmt neben bei auf ein fortwährendes Spiel von erhöhten und nachlassenden Wirkungen, ganz ähnlich denen, die sich in unserm Bilde durch die Undulationen während des Geschlossenseyns der Kette ergeben, das heißt, während überhaupt die Cohäsionskraft eines beweglichen Systems durch den elektrischen Einfluß in einen gesteigerten Zustand anhaltend veretzt wird.

Die kriebelnde Empfindung, die man hat, während man in der geschlossenen Kette verbleibt, und die partiellen zitternden Contractionen, die wir an thierischen Präparate unter denselben Umständen wahrnehmen, finden also durch die eben erwähnte coenästhetische Empfindung ihr Analoges auch für die Fälle, wo es der Wille ist, der die anhaltende Contraction bedingt. Man könnte jedoch zweifeln, ob auch diese Wahrnehmung des bloßen Gemeingefühls untrüglich genug sey, und ob der Wechsel, den man im Cohäsionszustande des angestregten Muskels zu fühlen wähnte, nicht vielleicht eine bloße psychische Täuschung sey. Da wir nemlich die Thätigkeit des Willens als Phänomen durch den inneren Sinn nur unter der Bedingung einer Zeitfolge erkennen, und folglich als Impulse, die sich in verschiedenen Momenten erneuern, so wäre in der That die Täuschung nicht unmöglich, daß wir *der subjectiven Vorstellung* der als succelliv angeschauten Willensthätigkeiten, die den Muskel anhaltend

spannen, unvermerkt einen *objectiven* Werth unterlegten, und wähten, dieses Successive im Organe selbst durch den äußern Sinn zu empfinden. Sonderbar wäre es doch immer, daß eine solche psychische Täuschung nur für die *Willensthätigkeit* Statt findet, und nicht für die Sensibilität bei Wahrnehmung äußerer Eindrücke auf die Sinne. Bei diesen zerfällt ebenfalls für den innern Sinn die Apprehension einer lange fortgesetzten einförmigen Sensation in mehrere Momente der Zeit; deshalb aber entsteht uns nicht die Illusion eines dieser Zeitfolge entsprechenden Wechsels im Zustande des afficirten Organs. Bei der Sensibilität ist einförmige Continuität, sowohl für die Vorstellung, als für die wahrgenommene Modification des Organs. Warum sollte es anders seyn bei den Bewegung hervorruufenden Gehirnthätigkeiten (*Cephalergis motuum*). Um jedoch den erwähnten Zweifel factisch zu lösen, suchte ich durch irgend einen andern Sinn die für zweideutig gehaltene Wahrnehmung des Gemeingefühls während der Turgescenz zu bestätigen.

Drückt man bei Abwesenheit alles äußeren Geräusches das Ohr gegen einen nicht zu weichen Gegenstand fest an (am besten des Nachts gegen ein hartes Küssen), und contrahirt dann stark und anhaltend die Maxillarmuskeln; so hat man die subjective Empfindung einer Reihe von abgesonderten Geräuschen (denn eigentliche Schalle oder Töne sind es nicht). Diese folgen auf einander in gleichförmigem Rhythmus, so lange die Contraction der

Muskeln sich gleich bleibt. Bestimmt sie aber der Wille stärker, so nimmt auch sogleich die Reihe der Pulse einen beschleunigten Rhythmus an, und mit dem nachlassenden Drucke der Kinnladen gegen einander entsteht eine correspondirende Retardation in der Zeitfolge der wahrgenommenen Geräusche.

Besser noch gelingt diese Beobachtung, wenn man die Kinnladen gegen einen dazwischen gehaltenen Körper zusammendrückt; wenn man z. B. in einem Tuch einen Knoten macht, und in diesen mit zunehmender Gewalt beißt. Das angelehnte Ohr vernimmt die Zeitfolge der Geräusche immer schneller und schneller im Verhältniß mit der gesteigerten Aeußerung der Muskularkraft. Bei einem mäßigen Grade derselben läßt sich die Empfindung am besten vergleichen mit dem sogenannten Spinnen der Katze. Bei einer viel größern Energie der Contraction kann man sieben bis acht Pulse auf die Secunde abschätzen. Bewirkt aber der Wille den äußersten für das Individuum möglichen Grad der Spannung der Kaumuskeln, so wird die deutliche Wahrnehmung des Rhythmus unmöglich, theils weil bekannter Maßen das geübteste Unterscheidungsvermögen nicht zu mehr als 10 bis 11 Actus des Bewußtseyns in der Secunde ausreicht, theils weil jede Muskularaction, die an das Aeußerste unserer Kraft grenzt, für die kurze Zeit ihrer Dauer alle Besinnung unmöglich macht, und gleichsam nur in einem *furor brevis* vollzogen wird.

Auch bei andern Muskeln läßt sich der jede anhaltende Turgescenz begleitende innere Wechsel der Cohäsion durch das Gehör wahrnehmen. Man stütze z. B. den Ellenbogen auf, lege die innere Fläche der Handwurzel dicht an das Ohr an, beuge die Hand in die Supination zurück, und drücke nun die geballte Faust mit verschiedenen Graden von Kraft zusammen, so wird man gerade, wie in den eben erwähnten Fällen, eine Reihe von Geräuschen wahrnehmen, deren Rhythmus und Intensität durchaus der jedesmaligen Kraftäußerung correspondiren.

Die coenästhetische Wahrnehmung trog uns also nicht; es fand bei ihr keine Illusion Statt durch Uebertragung des *Successiven* in der angeschauten Willensthätigkeit auf einen nicht wirklich vorhandenen Wechsel im Organe; denn wie käme die Illusion dazu, diesen Wechsel, wenn er bloß eingebildet wäre, mit den bestimmten Qualitäten eines hörbaren Phänomens auszustatten? Was man also gegen die allerdings an und für sich sehr verworrenen Wahrnehmungen der *Coenästhesis* einwenden könnte, fällt weg, da sich im Zustande des aufschwellenden Muskels auch für einen andern mehr objectiven Sinn derselbe Wechsel der Wirkungen äußert.

Um jedoch die Realität dieser successiven Modificationen der absolut erhöhten Cohäsion bei turgescirenden Muskeln über allen Zweifel zu erheben, suchte ich sie bei einem andern Individuum durch das Gehör wahrzunehmen, und es gelang mir gleich beim ersten Versuch über jede Erwartung. Ich ließ

jemanden den Ellenbogen aufstemmen; drückte mein Ohr dicht an die innere Fläche seiner Handwurzel, und bat ihn, nun nach zufälliger Willkühr die in der Supination begriffene Faust bald mehr bald weniger kräftig zusammen zu drücken, bald ohne alle Willensanstrengung der Ruhe zu überlassen. Es erwies sich nun, daß ich, ohne je zu irren, ihm sagen konnte, wann er eine Contraction vornahm oder nicht, und wann sein Wille den Grad einer bereits vorhandenen Anstrengung vermehrte oder verminderte. Und als wir die Rollen vertauschten, gelang meinem Freunde, einem geübten Beobachter, das Behorchen meiner Willensthätigkeit eben so gut, wie mir das Belauschen der feinnigen, und ihm fiel dabei zuerst die sehr passende Vergleichung dieser Gehörwahrnehmung mit der des Spinnens der Katze ein.

Ich glaube aus diesen Thatfachen folgern zu dürfen, daß auch bei der durch den Willen bestimmten anhaltenden Turgescenz der Muskeln ein Cohäsionswechsel von partiellen Contractionen und Relaxationen Statt findet, so daß auch hier die absolut vermehrte Cohäsion nebenbei noch zwischen gewissen Grenzen hin und her schwankt. Dieses Vergleichen mit den durchaus ähnlichen Cohäsions-Phänomenen eines galvanisch behandelten unorganischen Systems ließe durch Induction auf eine correspondirende Aehnlichkeit der Ursachen schließen, die in beiden Fällen wirksam sind. Die Einwirkungen des Gehirns auf das Muskular-System geschähen demnach



nach dem Typus von successiven Entladungen, die in jedem Momente sich zur Indifferenz abgleichen, und continuirlich durch neue Ladungen und Entladungen erneuert werden, so lange der totale Effect der Turgescenz bleiben soll. So wenig es also zur Zeit noch erweislich, ja vielleicht wahrscheinlich ist, daß das Band zwischen den Vorstellung und den Bewegung hervorrufenden Gehirnthätigkeiten (*Cephalergii Idaeorum* und *Cephalergii motus*) wirklich *identisch* sey mit der Elektricität, so sehr erscheint es doch in unsern Beobachtungen als *analogisch* mit dem Mechanismus galvanisch-elektrischer Entladungen. Diese in abgesetzten Zeitmomenten stets erneuerten Hirnthätigkeiten, um die Cohäsion zu bestimmen, erklärt uns, *warum* Gliedmaßen, die wir fortdauernd in erhöhter Spannung erhalten, sehr bald in ein äußerlich wahrnehmbares Schwanken und Zittern übergehen; und *warum* jede solche anhaltende Spannung so viel Kraft verzehrt, wie wir denn auch sehen, daß Kinder und Greise keiner langsamen Bewegung fähig sind, und daß auf die immer nur kurze epileptische Spannung eine so totale Erschöpfung folgt. Deshalb ist denn auch in der ganzen Oekonomie der Thiere alles offenbar darauf berechnet, die nöthigen Zwecke so viel wie möglich durch nur momentane Contractionen zu erreichen.

Der stete Wechsel der Cohäsion während der Turgescenz ist nämlich, wie wir selbst im unorganischen System sehen, bedingt durch eine correspondirende Reihe von chemischen Actionen;

das Material zu diesen Zersetzungen muß daher immer erneuert dargeboten werden. Daher finden wir auch, daß je anhaltender die Action eines Muskels seyn soll, ihm desto mehr zersetzbarer Stoff durch das muskulöse Syſtem zugeführt wird. Wenn irgend ein Theil des Muskular-Syſtems während des animalischen Lebens krankhaft so afficirt wird, daß durch ihn die Entladungen des X, welches sich continuirlich im Gehirn, wie etwa die Electricität in der Säule, zu neuen Spannungen reproducirt, ganz passiv fortgeleitet werden ohne die Bestimmung des Willens, so tritt dieser Theil geradezu in die Verhältnisse unsers unorganischen beweglichen Systems an der Säule. Aber wir sehen auch in der That in so afficirten Gliedmaßen, wie an der Adhäsions-Platte, ein stetes Hin- und Herschwanken, eine wahre Undulation, die der Wille nicht hemmen kann. Dieses bisher so räthselhafte Zittern der gelähmten Glieder währt fort, so lange die partiellen Entladungen des X vom Gehirn aus durch diese Glieder abgeleitet werden. Tritt aber ein Zustand ein, in welchem durch höhere Gesetze des Organismus der Einfluß der Hirnthätigkeit auf das ganze Syſtem des animalischen Lebens gehemmt wird, so hören auch die unwillkührlichen Entladungen durch den besagten Theil sogleich auf. Der Schlaf unterbricht die Schwingungen eines gelähmten Gliedes durch Isolirung vom Gehirn, so wie die Undulationen der Adhäsions-Platte durch Isolirung von der Säule verschwinden.

Fernere Anwendungen dieser faktischen Prämissen auf die Phänomene der Muskular-Bewegung würden hier am unrechten Orte stehen; ich begnüge mich daher, nur noch eine einzige Bemerkung anzuführen, die eine ganz specielle Beziehung auf unsern Gegenstand hat. Sie betrifft die Art der Senfation, die wir haben, wenn wir das Ohr in den Kreis der Säule bringen. Eine eigentliche vollkommen specifische Gehör-Affection ist sie meines Erachtens nicht zu nennen, wenigstens nicht in dem Sinne, wie unter ähnlichen Umständen auf der Zunge und im Auge Sinnes-Affectionen entstehen. Bei diesen nehmen wir ein bestimmtes Licht, einen bestimmten Geschmack wahr; bei dem galvanisch gereizten Ohr hingegen konnte ich nie einen bestimmten Ton, eine eigenthümliche Art des Klanges gewahr werden. Das Ganze beschränkte sich auf wiederholte Impulse im Innern des Kopfes, deren zweideutiges Gefühl zwischen Coenästhetis und Gehör so schwankte, daß man es am besten beschreibt als die Wahrnehmung einer Reihe von Kugeln, die durch den Gehörgang rollen; eine Beschreibung, die ich in der That von Tauben sehr oft erhielt.

Seitdem hat indels der zu früh verstorbene Ritter behauptet, es entstehe durch diese Reizung eine wirklich qualificirte Gehör-Affection, ein wahrer Ton, dessen musikalischen Werth er angiebt, und sogar verschieden findet bei der Schließung und bei der Trennung. Ich nahm daher Gelegen-

heit, die Beobachtung zu wiederholen, sowohl an mir selbst, als an zwei Subjekten, die durch Beobachtungsgeist und Interesse für Physiologie sich besonders dazu eigneten. Wir armirten theils einen, theils beide Gehörgänge, theils auch die Tuba Eustachii; obgleich wir aber sehr verschiedene elektrische Intensitäten anwendeten, gelang es doch Keinem von uns, je einen eigentlichen Klang, einen bestimmten Ton zu hören. Die ganze Wahrnehmung beschränkte sich nach wie vor auf eine Reihe von Impulsen im Innern des Kopfes, die wegen ihres Entstehungs-Ortes allerdings in die Vorstellung von Geräuschen übergingen, wie etwa jede leise Percussion der äußeren Fläche der Gehörgegend, die aber nie einen eigenthümlichen vergleichbaren Ton constituirten.

Es ist diesem nach nicht möglich, den Gehörnerven durch Galvanismus so zu erreichen, daß wir ihn in die zu seiner eigenthümlichen Function bestimmten Bewegungen versetzen könnten. Er scheint sich durch seine tiefere Lage, und vielleicht mehr noch durch die isolirende Umgebung der Knochen dieser Einwirkung zu entziehen; und es erklärt sich vielleicht durch diesen Umstand die Nicht-Erfüllung so vieler sanguinischer Hoffnungen, die man anfänglich über die galvanischen Kuren der Taubheit hegte. Was aber diese Pseudo-akustischen Wahrnehmungen ihrem Wesen nach seyn mögen, entgeht uns nunmehr nicht. Ihre Aehnlichkeit mit demjenigen, was wir bei jeder durch

den Willen bedingten Turgescenz ebenfalls durch das Gehör empfinden, deutet meines Erachtens bestimmt genug auf Identität der Ursache in beiden Fällen. Die durch den galvanischen Reiz aufschwellenden Muskeln der Gehörgegend gerathen während ihres erhöhten Cohäsions-Zustandes in den uns bereits von der Adhäsions-Platte her bekannten Wechsel von Contraction und Relaxation; die innige Verbindung dieser Muskeln mit dem Gehörwerkzeuge verwandelt geradezu das kriebelnde coenästhetische Gefühl aller andern Turgescenzen in eine akustische Sensation, und diese Erscheinung ist füglich zu betrachten als ein neuer Beleg zu den factischen Beweisen, um die wir uns bemühten, daß bei jeder anhaltenden Muskular-Contraction ein steter Wechsel im Cohäsions-Zustande Statt findet, die Turgescenz sey bestimmt durch den Willen oder durch eine äußere widernatürliche Reizung.

Wenn bessere Beobachter es der Mühe werth halten möchten, diesen Gegenstand überhaupt näher zu beleuchten, vorzüglich in pathologischen Fällen des Krampfs und des Tetanus, wozu die Gelegenheit mir fehlte; so würde ich mich über die Mängel meines geringfügigen Beitrags trösten.

## 4.

Bei Gelegenheit der durch chemische Verwandtschaft veränderten Cohäsion entstand nun noch die vierte Frage: *Wie sollen wir uns, nach factischen Analogien mit den unorganischen Erscheinungen, die Störung des chemischen Gleich-*

gewichts bei galvanisch-gereizten thierischen Theilen denken? Ich glaube, der Schlüssel hierzu sey die Eigenschaft der Leiter zweiter Ordnung, sich stets ihrer Längen-Dimension nach in zwei entgegengesetzte elektrische und chemische Zustände zu versetzen. Wenden wir dieses sowohl auf den bloßen Nerven, als auf den mit dem Muskel continuirenden Nerven gehörig an, so lassen sich die so paradoxen, ja man möchte sagen, die so bizarren Gegensätze der Schließungs- und Trennungs-Contraction genügend auflösen.

Doch diese Auseinandersetzung nimmt ihren Gang durch so viele und so feine Details, daß es rathsam ist, sie für eine andere Gelegenheit aufzubewahren, wo zugleich die Zeit erlauben wird, einige Einwürfe zu beantworten, welche die Herren Prechtl und Configliacchi gegen *Bipolarität* und *Unipolarität* überhaupt zur Sprache gebracht haben.

II.

*Ueber die Wirkungsart der Muskeln.*

von

WILL. HYDE WOLLASTON, D. M.

Secr. d. kön. Soc. zu London.

(Vorgelesen in der Londn. Societ. als *Croonian Lecture*  
auf d. J. 1810.)

Frei übersetzt von Gilbert \*).

Zwar könnte es scheinen, die Bemerkungen, welche ich der königl. Societät mittheilen will, stünden in zu entfernter Beziehung mit einander, um sich schicklicher Weise in eine *Croonian Lecture* vereinigen zu lassen; man wird indeß nicht in Abrede seyn, daß nach der Ablicht, welche der Dr. Croone wahrscheinlich bei der Stiftung hatte, die uns jährlich mit Untersuchungen dieser Art beschäftigt, Bemerkungen über die Wirkungsart der freiwilligen Muskeln, und Untersuchungen über Ursachen, welche die Thätigkeit des Herzens und des arteriellen und venösen Systems befördern oder stören können, keine für diese Vorlesung fremdartige Materie sind. Auch habe ich es immer für einen

\*) *Philosophical Transact. of the Roy. Soc. of Lond.*  
for 1810. G.

besondern Vorzug der Verfassung dieser Societät gehalten, daß sie uns erlaubt, zerstreute Beobachtungen und Bemerkungen, welche anfangs sehr unbedeutend scheinen können, und alles was jemand über einen bestimmten Gegenstand weiß, in das Publikum zu bringen, ohne ihn zu nöthigen, eine lange Abhandlung zu schreiben, oder auch nur auf sie zu denken.

Ich glaube daher unbedenklich in dieser meiner Vorlesung, nach Croone's Stiftung, von den folgenden drei Materien handeln zu dürfen, so wenig Aehnliches sie auch dem ersten Anblick nach zu haben scheinen. *Erstens* von der Dauer in den willkührlichen Wirkungen der Muskeln; *zweitens* von der Ursache der Seekrankheit, so fern sie sich in einer mechanischen Störung des Blutumlaufs suchen läßt; und *drittens* von den Vorzügen des Reitens und der andern Arten, sich fortbringen zu lassen, vor jeder andern Art willkührlicher Muskelbewegung.

#### 1. Von der Dauer der Muskelthätigkeit.

Ein Jeder weiß aus eigener Erfahrung, wie nothwendig Ruhe nach angestrenzter und anhaltender körperlicher Thätigkeit ist; und daß, wenn ein einzelner Muskel angestrengt wird, man diese besondere Anspannung nur wenige Minuten auszuhalten vermag. Indess scheint ein dritter Umstand, der sich in der Wirkung der Muskeln wahrnehmen läßt, der Aufmerksamkeit der Physiologen bisher ent-



gangen zu seyn, nämlich ihre Dauer. Ich glaube nicht, daß man bis jetzt schon bemerkt hat, daß jede Muskel-Anstrengung, die dem Anscheine nach eine einzige ist, wirklich aus einer sehr grossen Zahl von Contractionen zusammengesetzt ist, die sich mit sehr kleinen Zwischenräumen wiederholen; Zwischenräume, welche in der That so klein sind, daß sie sich nicht anders wahrnehmen lassen, als wenn man sie dadurch, daß man einen Zustand theilweiser oder allgemeiner Schwäche erzeugt, über ihre gewöhnlichen Gränzen hinaus verlängert.

Eine Empfindung, die man sich verschaffen kann, wenn man das Ohr mit einem Finger verstopft, hat mich darauf geführt, die Wirklichkeit solcher abwechselnden Bewegungen anzuerkennen. Man glaubt dann ein Geräusch zu hören, welches viel Aehnlichkeit mit dem eines entfernten Wagens hat, der über Steinpflaster fährt. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist nach der Stärke, mit der man den Finger andrückt, verschieden; der Ton aber, den man empfindet, hängt keineswegs von einem Drucke auf das Trommelfell ab. Denn der schwingende Ton ist schwächer, wenn man den Finger zugleich steift, durch die gezwungne Wirkung der antagonistischen Muskeln; und drückt man das Ohr mit vieler Kraft zu, ohne daß Muskel-Wirkung mit in das Spiel kommt, so nimmt man keinen Ton wahr. Wenn man z. B. den Kopf mit der Hand unterstützt und ihn mit seiner ganzen Schwere auf den Muskel des Daums, auf welchem das Ohr

liegt, lassen läßt, hört man kein Geräusch, wenn man nicht das Ende des Daumens zugleich gegen den Kopf drückt, oder wenn nicht durch Unachtsamkeit in der Art den Versuch anzustellen, die Wirkung irgend eines andern Muskels bis zu dem Ohre gelangt.

Ich habe die Zahl dieser Schwingungen zu schätzen versucht. Es schienen mir ihrer ungefähr 20 bis 30 in einer Sekunde zu seyn; doch ist es möglich, daß mein Verfahren mangelhaft war, in welchem Fall ich hoffe, daß ein andrer ein sichereres Mittel erdenken wird, Zeiträume, wie diese, die für unmittelbare Beobachtung zu kurz sind, genauer zu messen. Ich bin zu dem Urtheil über die Menge dieser Schwingungen bloß durch Nachahmung derselben gelangt. Zu dem Ende suchte ich es dahin zu bringen, daß ich die Schwingungen selbst, und den nachgeahmten Schall zugleich durch dasselbe Ohr hörte. Ich stemmte den Ellbogen des Arms, auf dessen Daum - Muskel das Ohr auflag, auf ein wagerechtes Bret, in welches sich eine Menge gleicher Einschnitte,  $\frac{1}{8}$  Zoll einer von dem andern, befanden. Durch Fortführen eines abgerundeten Holzes über diese Einschnitte, mit regelmäßiger Bewegung, konnte ich das durch Andrücken des Daums gegen den Kopf bewirkte Zittern ziemlich genau nachahmen, und dabei wurden durch Marken die Menge der Einschnitte bezeichnet, die das Holz nach meiner Uhr in 5 oder 10 Sekunden durchlief. Ich fand, daß wiederholte Ver-

fuche dieser Art so gut, als sich nur erwarten liefs, unter einander übereinstimmten; denn ich konnte nie sicher seyn, in ihnen genau denselben Druck hervorzubringen. Um nicht etwa durch ein Zusammenfallen Einer Schwingung mit je zweien der andern Art, wie bei der Octave in der Musik, in Irrthum geführt zu werden, nahm ich verschiedne Bretter, in denen die Einschnitte in einigen einander näher, in andern weiter von einander entfernt waren, erhielt aber immer dasselbe Resultat. Um endlich auch sicher zu seyn, daß nicht etwa die Länge des wirkenden Muskels, oder des Knochens, der den erregten Schall meinem Ohr zuführte, auf diesen zufällig einwirke, veränderte ich den Versuch dahin, daß ich das Ohr mit einem Kissen verschloß, welches auf einem auf meinem Fuße ruhenden Stabe lag; dieser war mit Einschnitten versehen, und führte meinem Ohre zugleich mit der Empfindung der Vibrationen der Muskeln meines Beines den zitternden Schall zu, welcher durch Reibung über die Einschnitte erregt wurde. Ich erhielt auf diese Art ungefähr dieselben Resultate, nämlich in einer Secunde 20 bis 30 Schwingungen, je nachdem ich einen größern Grad von Kraft aufwendete. Ich bat einen meiner Freunde, statt meiner diesen Versuch zu wiederholen; seine Wahrnehmung stimmte so genau mit der meinigen überein, daß sie mich in der Meinung bestätigte, meine Schätzung sey ziemlich richtig.

Die größte Zahl von Schwingungen, welche ich wahrgenommen habe, war 35 oder 36, die kleinste 14 oder 15 in einer Sekunde. Will man sie noch langsamer machen, so werden die Resultate zu irregulär, als daß sie sich mit hinlänglicher Genauigkeit erhalten ließen. Es ist indess sehr wahrscheinlich, daß bei großer Schwäche ihrer noch sehr viel weniger seyn können. Daraus würde sich das sichtbare Zittern bei Altersschwäche oder bei Schwäche durch Krankheit erklären lassen.

Ich glaube, daß die Aehnlichkeit und Uebereinstimmung der Muskelschwingungen und das Geräusch eines Wagens, der in der Entfernung fährt; nicht so sehr auf die Beschaffenheit des Schalles selbst, als darauf beruht, daß diese Schwingungen und die auf einander folgenden Stöße des Rades eines schnell fahrenden Wagens an jeden Stein des Straßenpflasters, im Mittel der Anzahl nach, gleich sind. Rechnet man ungefähr 24 Schwingungen in einer Secunde, und giebt man jedem Stein ungefähr 6 Zoll Durchmesser, so würde ein solcher Wagen mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 8 engl. Meilen in der Stunde fahren; welches der Wahrheit so nahe kömmt, als es bei Schätzungen dieser Art nur zu erwarten ist.

Einigen Mitgliedern der Societät werden diese Beobachtungen vielleicht nicht ganz neu zu seyn scheinen. Ich habe sie zum ersten Male schon vor 17 bis 18 Jahren angestellt, und sie seitdem mehreren Freunden mündlich mitgetheilt. Noch nie-

mand hat indeß, so viel ich weiß, sie gebraucht, die schwingende Beschaffenheit der Muskel-Wirkung darzuthun. Zwar hat schon Grimaldi den scheinbaren Schall wahrgenommen, der beim Verstopfen der Ohren entsteht; er schrieb ihn aber, den damaligen Vorstellungen gemäß, einer schnellen Bewegung der animalischen Geister zu \*).

### 2. Von der Seekrankheit.

Man hat die Ursache der Seekrankheit noch nicht genügend erklärt, d. h. des Schwindels, in den die unaufhörliche Bewegung des Schiffs durch die Wellen den versetzt, der daran nicht gewöhnt ist.

Nachdem ich mehrere Tage lang an der Seekrankheit gelitten, und umsonst über die Ursache nachgedacht hatte, welche so verschieden auf den, der zum ersten Male das Meer befährt, und auf den Seemann wirkt, der an die Bewegung des Schiffs gewöhnt ist, war ich, als ich allmählig diesem Einflusse zu widerstehn anfang, endlich so glücklich, eine Eigenthümlichkeit in meiner Art zu athmen zu bemerken, welche mit der Bewegung des Schiffs in offenbarem Zusammenhange stand. Beim Erwachen aus einem unruhigen Schlafe nahm ich näm-

\*) Grimaldi *Physico-Mathesis de Lumine*, p. 383: *Vera itaque ratio experimenti praedicti est, quia in digito et brachio totoque corpore continuo fiunt multi motus ac tremores, ob spirituum agitationem huc illuc perpetue accurrentium.* IV.

lich wahr, daß ich nicht, wie gewöhnlich, mit Gleichförmigkeit, sondern in unregelmäßigen Zwischenräumen athmete und so mit Pausen, als ob ich einen günstigen Zeitpunkt für das nächste Einathmen abwartete; und dieses schien einigermaßen mit dem Herabgehn des Schiffs, das besonders unangenehm auf mich wirkte, in Zusammenhang zu stehn.

Diese Bewegung muß in der That auf die Bewegung des Blutes und dadurch auf das ganze System unmittelbar einwirken. Denn wenn die Brust erweitert wird, um die Luft einzuziehen, sind auch die Gefäße derselben, die das Blut aufnehmen, mehr geöffnet, so daß der Zurückgang des Blutes, von dem Kopfe aus gerechnet, freyer als zu jeder andern Zeit einer vollständigen Athmung ist. Umgekehrt wird während des Ausstossens der Luft aus den Lungen, die Ankunft des Blutes in die Lunge so gehindert, daß das Gehirn beständig fort abwechselnd ansteigt und sinkt, genau so wie die Brust sich zusammenzieht oder erweitert, wie man an Trepanirten wahrgenommen hat. Es läßt sich hieraus erklären, wie man sich bei heftigen Kopfschmerzen durch tiefes Athemholen für einen Augenblick kann erleichtert fühlen.

Auch in der Seekrankheit kann man sich durch das Einathmen etwas Linderung verschaffen, wenn man es so vornimmt, daß es dem Druck entgegenwirkt, welchen das Blut in Zwischenzeiten auf das Gehirn ausübt. Mit diesem Drucke hat es aber folgende Bewandniß.

Alle, welche seekrank gewesen sind, kommen darin überein, daß, abgesehn von dem Schwindel, der unbehaglichste Zeitpunkt der ist, wenn das Schiff schnell mit der Welle, von der es gehoben worden war, herablinkt. Und während dieses Herablinkens übt das Blut einen besondern Druck auf das Gehirn aus. Wenn nämlich ein Mensch auf dem Verdecke aufrecht steht, kann das Blut *durch sein Gewicht* keinen Druck auf das Gehirn, das dann der oberste Theil des Körpers ist, ausüben, und bloß die Gefäße der untern Extremitäten und des Leibes müssen sich zusammenziehen, um dem Druck einer Säule Blut von 5 bis 6 Fuß Höhe Widerstand zu leisten. Man denke sich das Verdeck plötzlich vernichtet, so werden das Blut und die Blutgefäße mit gleicher Geschwindigkeit fallen, das Blut kann also nicht mehr gegen die Gefäße drücken, und folglich wird nun die Kraft, welche die Gefäße zusammenzog, das Blut in das Gehirn hinauf pressen, mit einer der anfänglichen Höhe der Blutsäule proportionalen Stärke. Gerade so muß, während das Schiff herabgeht, ein Mensch, der auf dem Verdecke steht, einen verminderten Druck des Bluts gegen die Blutgefäße, und folglich eine partielle Reaction auf das Gehirn empfinden, und diese Reaction ist es, welche durch tiefes Athemholen vermindert wird. Daher kömmt es denn auch, daß Seekranke die horizontale Lage erleichternd finden.

Das Barometer steht im Schiffe, wenn das Meer ruhig ist, mit dem am Lande unveränderl. auf

gleicher Höhe. Sind dagegen Meer und Schiff in Bewegung, so sieht man, wenn das Schiff herabgeht, das Queckfilber in der Röhre steigen, weil dann ein Theil der Schwere des Queckfilbers darauf verwendet wird, es mit dem Schiffe herab zu bewegen; es würde daher in einer unten zugeschmolzenen Röhre während dieser Zeit nicht mehr seinen ganzen Druck gegen die Grundfläche äußern. Eben so drückt unter denselben Umständen das Blut nicht mehr mit seiner ganzen Schwere nach unten, und wird durch dieselbe Elasticität der Gefäße in die Höhe getrieben, die zuvor ganz darauf verwendet wurde, es zu halten.

Das Uebelbefinden, welches das Schaukeln in dem erregt, der daran nicht gewöhnt ist, hat offenbar mit der Seekrankheit einerlei Ursache. Dieses Uebelbefinden tritt am stärksten ein, wenn man mit der Schaukel vorwärts heruntergeht, und dann gerade strebt das Blut am stärksten von den Füßen nach dem Kopf herauf zu treten, weil dann die gerade Linie zwischen den Füßen und dem Kopfe sich in der Richtung der Bewegung befindet. Rückwärts wird man dagegen in einer den Körper quer durchschneidenden Richtung herab bewegt, und daher wird in diesem Fall das Blut mit weniger Kraft nach dem Kopfe getrieben; und in diesem Falle ist in der That das Uebelbefinden geringer.

Das Regelmäßige in der Bewegung der Schaukel schien mir für Beobachtungen über die Wirkung des Einathmens, besonders günstig zu seyn. Zwar



war das Erleichternde eines tiefen Athemzuges hierbei nicht zu verkennen, doch muß ich gestehn, daß es sich in dem Grade nicht zeigte, in welchem ich es nach den Versuchen bei der Seekrankheit erwartet hatte. Vielleicht geschah das Herabsteigen zu schnell, als daß das Einathmen eine hinlängliche Compensirung bewirken konnte. Doch bin ich noch geneigter zu glauben, daß dieselbe mechanische Wirkung in den Eingeweiden vorgeht, und dann müßte in diesem Fall das Athmen, wie man leicht begreift, ohne Wirkung bleiben.

Einer meiner Freunde erzählte mir, er habe versucht, auch dieser mechanischen Wirkung auf den Magen mechanisch entgegen zu wirken, und es sey ihm gelungen, eine leichte Seekrankheit dadurch zu beschwichtigen, daß er sich auf das Verdeck, mit dem Kopfe nach dem Vordertheile des Schiffs zu, legte, so daß er beim Herabgehn des Schiffs sich in der Lage eines Menschen befand, der in der Schaukel rückwärts herab bewegt wird.

Es mag nun der Magen unmittelbar oder bloß durch Sympathie mit dem Gehirn afficirt werden, so ist auf jeden Fall so viel gewiß, daß die Empfindung des Herabsinkens des Schiffs mit ihm in Beziehung steht; denn er wird dabei von einem so plötzlichen Ekel ergriffen, daß sich nur der einen Begriff davon machen kann, wer selbst seekrank gewesen ist.

Ich werde in der Meinung, daß die Seekrankheit einem mechanischen Druck des Bluts auf das

Gehirn zuzuschreiben sey, noch mehr durch die Wirkung einer entgegengesetzten Art von Bewegung bestätigt, welche, indem sie das Blut zu schnell aus dem Kopfe entfernt, ein der Ohnmacht nahe kommendes Gefühl von Schwäche, Schwindel und eine merkbare Verminderung in der Muskelkraft zur Folge hat. Es traf sich einmal, daß ich nach einer großen Ermüdung ziemlich lange lief, und mich dann unter einer sehr niedrigen Mauer setzte, um gegen einen starken Regen Schutz zu suchen. Als ich schnell aufstand, wurde ich von einem Schwindel ergriffen, der machte, daß ich sogleich in die erste Lage zurückfiel, welches mir im Augenblicke Erleichterung gab, indem nun das Blut in den Kopf zurücktrat. Ich habe diesen Zufall seitdem häufig in einem schwächern Grade gehabt, und immer bemerkt, daß er eintrat, wenn ich nach einer Ermüdung mich hingelegt hatte, und mich schnell aufrichtete. Der Schwindel hört auf, wenn man die horizontale Lage wieder annimmt, und kömmt nicht wieder, wenn man sich weniger schnell aufrichtet.

### 3. *Von den heilsamen Wirkungen des Reitens und Fahrens.*

Nach der allgemeinen Meinung haben äußere oder leidende Bewegungen gewisse Vorzüge vor den andern Bewegungen. Indem ich die wahre Ursache dieser ihrer guten Wirkungen nachweise, hoffe ich die Beobachter auf eine nützliche bis jetzt nicht hin-

länglich bemerkte Unterscheidung einer heilsamen von einer oft schädlichen Bewegung aufmerksam zu machen. Denn obgleich in medicinischen Schriften der Ausdruck *gestation* sowohl vom Reiten als vom Fahren in Wagen mit Rädern gebraucht wird, und obgleich Sydenham die Vortheile dieser Bewegung, besonders der ersten, vielleicht nur zu sehr gerühmt hat, — so ist es doch, so viel ich weiß, noch nicht nachgewiesen worden, worin die Vorzüge dieser Art sich Bewegung zu machen bestehen, und man schätzt, wie es mir scheint, besonders die Bewegung zu Wagen noch nicht nach ihrem wahren Werthe.

Es wird nur zu oft unter dem Ausdruck *Bewegung* (*exercice*) die thätige und freiwillige Entfaltung der Muskelkraft zusammengeworfen mit den Stößen, welche man bei dem Fahren in einem Wagen leidet; jene ermüdende Anstrengungen lassen sich aber nicht an die Stelle dieser angenehmen Bewegungen setzen, welche die Kräfte zu erhöhen geschickt sind, wenn sie nach der Constitution des Kranken und der Natur seines Uebelbefindens abgemessen werden.

Die folgende Erklärung, wie äußere Bewegung auf den Blutumlauf einwirkt, gründe ich auf eine Eigenthümlichkeit in der Structur des Venen-Systems, deren mechanischer Zweck sich nicht verkennen läßt. Es ist bekannt, daß die Klappen, die durch alle Blutgefäße dieser Klasse vertheilt sind, das Blut frey hindurch lassen, wenn es in seiner na-

türlichen Richtung durch irgend eine Bewegung angetrieben wird. Daher wird der Blutumlauf durch alle Arten sanfter Erschütterung befördert. Sie unterstützen das Herz bei jeder Anstrengung, die es zu machen haben könnte, um ein Hinderniß seiner Wirkung zu überwinden, und helfen dasselbe ein System restauriren, welches kurz zuvor gegen irgend einen heftigen Anfall zu kämpfen gehabt hat; auch verschafft man durch diese mässigen Stöße dem Herzen eine Art von Ruhe in einer Arbeit, welche bei abzehrenden Krankheiten manchmal die Kräfte dieses Hauptorgans übersteigen. Und an der Erleichterung eines zum Leben so wesentlichen Organs müssen nothwendig alle großen Lebensfunctionen Antheil nehmen, und während dieser *thätigen Ruhe*, welche an die Stelle anstrengender Muskelbewegungen tritt, müssen alle Geschäfte der Secretion, Allimilation u. d. m., durch welche Mittel sie auch vor sich gehen mögen, sich erleichtert finden, ja selbst die Geistesfähigkeiten ungehemmter wirken.

Die heilsamen Folgen der Bewegung beim Fahren äußern sich nicht bloß, wenn der Blutumlauf geschwächt ist, sie zeigen sich auch, wenn ein Ueberfluß an Materie ihn erschwert. Wenn das System der Blutgefäße zu voll ist, findet sich in dem ganzen Systeme eine Spannung (*agitation*) und eine Empfänglichkeit für secundäre Eindrücke, welche man gewöhnlich mit dem Ausdruck *nervöser Zustand* bezeichnet. Die Seele wird einer anhaltenden Aufmerksamkeit unfähig, und erhält mehr oder

minder lästige oder angenehme Eindrücke, die ihre Quelle in einer Krankheit der Einbildungskraft haben. Besonders in den ersten Graden dieses angegriffenen Zustandes zeigt sich die Bewegung zu Wagen vortheilhaft. Einige Kranke beschreiben die heitere Ruhe, welche durch dieses Mittel allein an die Stelle ihrer Agitationen getreten ist, mit einem Wohlgefallen, welches ein Beweis der guten Wirkungen desselben ist. Sie gelangten wieder zu der Fähigkeit nachzudenken, und wenn ihre Einbildungskraft lebhafter als gewöhnlich blieb, führte sie ihnen angenehme und frohe Bilder vor.

Ein ähnlicher Blutüberfluß hatte einen Mann und seine Freunde sehr besorgt gemacht, da sie glaubten, sein heftiges und sichtbares Herzschlagen entspringe aus irgend einem organischen Fehler. Man überredete ihn unverzüglich einen Arzt um Rath zu fragen, und führte ihn zu Wagen nach der Wohnung eines berühmten Arztes, den man nicht zu Hause fand. Da die Symptome durch das Fahren nicht bedenklicher geworden waren, suchte er den Arzt in zwei andern Häusern auf, die von dem erstern ziemlich entfernt waren, aber wieder umsonst. Das Herzschlagen hatte abgenommen, — man verschob daher den Besuch auf den folgenden Tag; der Patient fuhr ziemlich weit nach seinem Hause zurück, und als er hier ankam, fand sich, daß die Bewegung, welche er gehabt, indem er mehrere englische Meilen auf dem Steinpflaster gefahren war, die beunruhigenden Symptome ganz

verfcheucht und dem Pulfe und dem Schlagen des Herzens ihre natürliche Stärke wieder gegeben hatte; sehr glücklich hatte er also das Heilmittel gefunden, indem er nur den Arzt fuchte.

So wie in diefem einzelnen Fall, fo befördert überhaupt das Fahren die natürliche Bewegung des Bluts, und durch diefe Art, fich Bewegung zu machen, wird, fo zu fagen, die Hauptfeder der menfchlichen Mafchine aufgezogen. Zwar läßt fich bei dem Kunftreichen und Zufammengesetzten diefer Mafchine nicht annehmen, daß die innern Bewegungen derfelben durch einen äußern mechanifchen Einfluß im Einzelnen regulirt werden könnten; aber alles, was die Energie des Lebensprincips zu vermehren und den Umlauf der Flüssigkeiten zu erleichtern firebt, muß zur Erhaltung des Ganzen auf eine sehr wirkfame Art beitragen.

Fast in allen Werken über chronifche Krankheiten werden eine Menge Beispiele von dem Nutzen erzählt, den paffive Bewegung, von welcher Art fie auch fey, zu Pferde, zu Wagen, zu Schiff, felbft auf der Schaukel, in diefen Krankheiten gehabt hat. In vielen Fällen liefs fich die Heilung des Patienten *ausfchließlich* der Erfchütterung von Außen her zufchreiben, und ich glaube hier dargethan zu haben, daß der erwünfchte Erfolg grofsentheils daher rührte, daß dem Herzen und den Arterien ihr Gefchäft bei dem Blutumlaufe erleichtert wurde, indem die unzählig vielen kleinen Stöße, welche fie, wenn man fährt, erhalten, ihnen zu Hülfe

kommen. Als Bestätigung dieser Ideen läßt sich die gute Gesundheit anführen, welche gewöhnlich Postillione, Schirrmeister und andere genießen, deren Geschäft es ist, sich fast täglich jeder unfreundlichen Witterung, zugleich aber auch dieser heilsamen Bewegung auszusetzen.

Dafs sich diese Bewegungen auf sehr verschiedene Arten verschaffen lassen, gewähret noch den Vortheil, dafs man jedesmal diejenige auffuchen kann, welche nach dem Grade der Kraft des Kranken und nach seinen übrigen Verhältnissen die angemessenste ist. In manchen Beschwerden ist eine sanfte und anhaltende Bewegung weit wirkfamer, als eine heftige und kurz dauernde; und unter solchen Umständen haben manchmal Seereisen über alle Erwartung vortheilhaft gewirkt.

### III.

#### *R e s u l t a t e*

*verschiedener Versuche, angestellt, um die Grösse der Kraftanwendung eines Menschen bei verschiedenen Arten von Tagarbeit zu bestimmen;*

von

**COULOMB, Mitgl. des Inst. \*)**

#### *I.*

**Der menschliche Körper** ist wegen der Biegsamkeit aller seiner Theile, die unendlich viele Lagen und Richtungen annehmen können, für die bequemste aller Maschinen für diejenigen zusammengesetzten Bewegungen zu halten, welche eine beständige Veränderung in den Graden des Drucks, der Geschwindigkeit und der Richtung erfordern. Die Schwäche des Menschen läßt sich leicht durch eine grössere Anzahl ersetzen; er bedarf bei der Arbeit nur wenig Spielraum, und kann mit seinen Kräften

\*) Aus den *Mémoires de l'Institt.* t. i., für die Annalen übersetzt, noch während seines Aufenthalts in Halle, von Hrn. Müller in Breslau, der seitdem als Secrétaire der Gesellsch. zur Beförder. der Naturw. u. der Industrie Schlesiens, den Eifer für die physikalischen Wissenschaften, der ihn schon damals belebte, bewährt hat. **Gilbert.**



ökonomisiren; endlich sind die Mittel-Maschinen, woran er arbeitet, einfacher und leichter zu transportiren, als die, woran Thiere arbeiten: alles Gründe, warum die Anwendung seiner Kraft, selbst bei den einförmigsten Bewegungen, der Kraft der Thiere oft vorzuziehen ist.

Bei der Arbeit der Menschen oder Thiere ist zweierlei zu beachten: Erstlich die *Wirkung*, welche ihre Kraftanwendung hervorbringen kann, und zweitens die *Ermüdung*, die eine Folge dieser Anstrengung ist. Um den größten Vortheil aus dem Gebrauch der Kräfte eines Menschen zu erhalten, muß man die Wirkung möglichst vergrößern, ohne die Ermüdung zu vermehren; folglich, wenn Wirkung und Ermattung durch Formeln ausgedrückt sind, die Werthe aufsuchen, welche das *Maximum* des Quotienten der Wirkung dividirt durch die Ermüdung geben.

## 2.

Die *Wirkung* einer jeden Arbeit läßt sich durch die Zahl ausdrücken, die herauskommt, wenn man das Gewicht des Widerstandes, den sie überwinden muß, mit der Geschwindigkeit, mit der dieses geschieht, und mit der Zeit-Dauer der Anstrengung multiplicirt; oder, was dasselbe ist, wenn man das Gewicht des Widerstandes mit dem Raume multiplicirt, den das Gewicht in einer gewissen Zeiteinheit durchläuft.

Bei einer jeden Maschine, bei welcher ein Gewicht ein anderes in gleichförmiger Bewegung mit

sich fortzieht, ist, der Theorie nach, das fallende Gewicht (die Kraft), multiplicirt mit dem Raum, den es durchfällt, gleich dem Gewicht, das gehoben wird, multiplicirt mit der Höhe, zu der es erhoben worden; und diese letzte GröÙe drückt die Wirkung aus. In der Praxis muß freilich diese Zahl, wegen der Reibung und der Mängel der Maschinen, immer kleiner seyn, als das Produkt aus dem Gewichte der Kraft in den Raum, den es durchfallen ist. Die Wirkung der Arbeit eines Menschen läßt sich also durch das Produkt des gehobnen Gewichts mit der Höhe, zu der es gehoben worden, messen.

## 3.

Um die Wirkung mit der *Ermattung* (*fatigue*) vergleichen zu können, welche der Mensch, während er jene hervorbringt, leidet, müssen wir die Ermüdung bestimmen, welche auf einen gewissen Grad von Anstrengung erfolgt. Unter der *Anstrengung* verstehe ich die GröÙe, welche herauskommt, wenn man den Druck, den der Mensch ausübt, mit der Geschwindigkeit und Zeit seiner Dauer multiplicirt \*). Man kann diese GröÙe auch durch ein Gewicht

\*) Was Herr Coulomb *quantité d'action* nennt, ist von dem Hrn. Uebers. bald durch GröÙe der Kraftaufwendung, bald durch GröÙe der Wirksamkeit, oder der Thätigkeit übersetzt worden, und ist dasselbe, was hier *Anstrengung* (*effort*) genannt wird. Sie ist also dem gleich, was man gewöhnlich *Effekt* nennt, multiplicirt mit der Zeit der Dauer der Action, welches von Hrn. Coulomb auch *effet total résultant du travail* genannt wird. Gilbert.

ausdrücken, welches von einer gewissen Höhe in einer gegebenen Zeit herabfällt. Wenn der Mensch während dieser Gröſſe der Anstrengung die ganze Ermüdung fühlt, die er jeden Tag ohne Zerstörung seiner thierischen Oekonomie aushalten kann, so läßt sich aus dieser Gröſſe der Anstrengung die *möglichst groſſe Wirkung* bestimmen, welche er in einem Tage hervorbringen kann, oder, wenn man will, das Gewicht, das er zu einer gewissen Höhe in einem Tage zu erheben vermag. Es kommt also alles darauf an, daß man die Art und Weise aufindet, in der die verschiedenen Grade des Drucks, der Geschwindigkeit und die Zeit unter sich müssen verbunden werden, unter denen ein Arbeiter bei gleicher Ermüdung die grösste Quantität von Anstrengung aushalten kann.

Daniel Bernoulli behauptete, die Ermüdung der Menschen richte sich immer nach der Gröſſe ihrer Anstrengung, so, daß wenn diese Anstrengung nicht ihre Kräfte übersteige, man nach Belieben die Geschwindigkeit, den Druck und die Zeit verändern könne, und daß daher, wenn das Produkt dieser drei Gröſſen constant sey, immer ein und derselbe Grad der Ermüdung entstehen werde. Er fügt noch hinzu, der Mensch werde, auf welche Art er seine Kräfte auch brauche, immer bei ein und demselben Grad der Ermüdung, dieselbe Gröſſe der Anstrengung erreicht; und folglich auch dieselbe Wirkung geleistet haben. Die Tages-Arbeit eines Menschen; die Arbeit mag seyn, wel-

che sie wolle, schätzt er auf ein Gewicht von 1728000 par. Pfunde, das 1 par. Fuß hoch gehoben wird; oder was eins ist, auf ein Gewicht von 274701 Kilogramme, 1 Meter hoch gehoben \*).

Défaguiers und der größte Theil der Schriftsteller, welche bei der Berechnung der Maschinen die Kraft-Anstrengung der Menschen in Rechnung gebracht haben, nehmen beinahe dieselben Resultate an. Es ist aber zu bemerken, daß die Versuche, womit sie dieselben belegen, nur immer einige Minuten gedauert haben, und daß Menschen auf einige Minuten einer Größe von Anstrengung fähig sind, die sie nicht täglich eine Stunde hindurch auszuhalten vermögen, daher sich aus diesen Versuchen kein sicherer Schluß ziehen läßt.

Wen indess gleich die Ermüdung nicht, wie Bernoulli sagt, der Größe der Anstrengung proportional ist, so wird doch die Formel, wodurch sie ausgedrückt wird, immer eine Function des ausgeübten Druckes, der Geschwindigkeit des Druck-Momentes, und der Zeit der Arbeit seyn müssen. Es lassen sich also in der Formel diese drei Größen so verbinden, daß bei gleicher Ermüdung die Quantität der Handlung das *Maximum* wird; und dieses giebt die größte Wirkung, welche ein Mensch in einem Tage hervorbringen kann.

\*) *Mém. qui ont remporté le prix de l'Acad.* etc. tome VIII. p. 7. C. Das Kilogramm ist bekanntlich gleich 2,043 par. Pfunden, und der Meter 3,078 par. Fußsen.

Diese Combination ist verschieden nach den verschiedenen Arten, wie der Mensch seine Kräfte anwenden kann. Um daher bei jeder Arbeit die möglichst größte Wirkung zu erhalten, kömmt es darauf an, die Größe zu kennen, welche das Maximum der Anstrengung in Rücksicht der Ermüdung ausdrückt; und sie muß der Hauptgegenstand der gegenwärtigen Untersuchung seyn. Die Bestimmung dieser Größe ist um desto interessanter, da, wenn man sie einmal kennt, die Elemente derselben, (nämlich die Geschwindigkeit, der Druck und die Zeit,) sich der Theorie der größten und kleinsten Werthe entsprechend, merklich verändern lassen, ohne daß die Ermüdung um ein Merkliches vermehrt wird.

## 4.

*Von der Größe der Anstrengung, welche ein Mensch in einem Tage aushalten kann, wenn er einen Wall oder eine Treppe mit oder ohne Last ersteigt.*

Bei einer Treppe, die nicht über 20 bis 30 Meter hoch ist, lassen sich in jeder Minute recht gut 14 Meter ersteigen. Das Gewicht des Menschen, multiplicirt mit der Höhe, zu der er gestiegen ist, giebt die Größe der Anstrengung, die er bei dieser Arbeit in einer Minute gelitten hat; sie ist, (das mittlere Gewicht eines Arbeiters zu 70 Kilogrammen gerechnet,)  $70 \times 14 = 980$  Kilogrammen, 1 Meter hoch gehoben.

Könnte der Mensch täglich 4 Stunden hindurch diese Arbeit aushalten, so würde seine tägliche Anstren-

gung sich durch ein Gewicht von 235200 Kilogrammen, das 1 Meter hoch gehoben wird, ausdrücken lassen. Diese Annahme ist aber nur hypothetisch; denn 4 Stunden hindurch kann er diese Anstrengung nicht aushalten, da er seine Geschwindigkeit vermindern muß, wenn er über 30 oder 40 Meter hoch steigen will.

Um das Maas der Anstrengung zu erfahren, welche Menschen bei dieser Art von Arbeit in einem Tage aushalten können, wollte ich, daß sie eine Treppe, die bequem in einem Felsen ausgehauen und 150 Meter hoch war, und welche ich sie oft ohne Last in 20 Minuten hatte ersteigen sehn, 18 Mal in einem Tage ersteigen sollten, wozu sie nach meiner Rechnung nur 6 Stunden würden gebraucht haben. Sie wollten sich aber zu dieser Arbeit, die ihnen eben so lächerlich als beschwerlich vorkam, nicht verstoehn, ob ich ihnen gleich ein volles Tagelohn dafür zur Bezahlung anbot.

Was ich auf diese Art nicht erhalten konnte, leistete mir der authentische Bericht des Herrn Borda über die Ersteigung des Pic von Teneriffa. Ich konnte hierzu aber nur die erste Tagereise brauchen, in der die Reisenden 2923 Meter hoch stiegen, auf einem Wege, der sich auch zu Pferde machen läßt; denn der Weg, den sie während der zweiten Tagereise durchwanderten, war wegen der Steile des Bergs und wegen der vielen losen Steine, die ihnen unter den Füßen wegrollten, allzu beschwerlich.

Hr. Borda hatte acht Menschen als Begleiter mit, die diesen Berg zu Fuß erstiegen: 3 Führer, 2 Menschen, welche die Boussolen, Barometer und Thermometer trugen, deren Last er auf jeden 7 bis 8 Kilogrammen schätzt; 2 Menschen, welche die belasteten Pferde leiteten, und einen Reisenden, den Sohn des Arztes Lalouette zu Paris. Als die Fußgänger die erste Tagereise zurückgelegt hatten, stiegen sie wieder 50 Meter herab, um Holz zu suchen; die Anstrengung dieser Reise hatte also ihre Kräfte nicht ganz erschöpft. Diesen Weg von 2923 Meter hatten sie von 9 Uhr des Morgens bis 5½ Uhr des Nachmittags zurückgelegt, und während dieser Zeit ¾ Stunden Halt gemacht, um ihr Mittagessen einzunehmen; sie hatten also 7½ Stunden gebraucht, um diesen Weg zurückzulegen. Noch ist zu erwähnen, daß die meisten dieser Männer Seeleute waren, die an starke Märsche nicht gewöhnt sind,

Nehmen wir an, daß diese Menschen durch das Ersteigen der Höhe ihre Kräfte so sehr, als sie es in einem Tage nur vermochten, angestrengt haben, so würde die Größe ihres Kraftaufwandes für einen Tag  $70 \times 2923 = 204610$  Kilogrammen seyn, die 1 Meter hoch gehoben werden. Da sie bei diesem Steigen zugleich 20000 Meter nach horizontaler Richtung zurücklegten, so verschwendeten sie darauf einen großen Theil ihrer Kräfte unnützer Weise, den sie beim Ersteigen einer bequemen Leiter von derselben Höhe würden

erspart haben, da sie auf ihr nur 8 bis 9000 Meter horizontal hätten zurücklegen dürfen. Ohne mich hier auf die Verbindung der senkrechten und der horizontalen Bewegung beim Steigen einzulassen, will ich annehmen, ein Mensch könne wirklich in einem Tage nicht höher als 2923 Meter steigen. Daraus würde dann folgen, daß die GröÙe seiner Anstrengung bei dieser Art von Tagesarbeit, in runder Zahl ausgedrückt, einem Gewicht von 205 Kilogrammen gleich zu schätzen sey, welches 1 Kilometer hoch gehoben wird.

Es erhellt aus dem Gefagten, daß dieses *Maximum* der Anstrengung, welche der Mensch beim Erststeigen einer solchen Höhe, ohne Last, auszuhalten vermag, kleiner angenommen ist, als es wirklich seyn kann. Und dieses geschieht mit Fleiß, weil ein Mensch diese GröÙe der Anstrengung bei keiner Tagesarbeit, die er mit den Händen, oder an Maschinen verrichtet, auszuhalten fähig ist.

Diese GröÙe der Anstrengung müssen wir nun mit der vergleichen, welch ein Mensch aushalten kann, wenn er beim Steigen eine *Last* trägt.

Ich habe oft Heizholz 12 Meter hoch tragen lassen, aber ein und derselbe Arbeiter wollte in einem Tage nie mehr als 6 *Voies* (3 Klaftern) Holz zu dieser Höhe herauftragen, ob ich ihm gleich einen Frank für eine *Voie* bezahlte. Ob er gleich eine mehr als gewöhnliche Stärke besaß, versicherte er doch, daß er eine solche Arbeit nicht mehrere Tage hindurch aushalten könne.



Man kann also 6 *Voies* Holz als die größte Last anlehn, welche ein Mensch 12 Meter hoch in einem Tage herauftragen kann.

Die *Voie* Holz \*) wog, im Mittel, 734 Kilogramme; im Durchschnitt brauchte er zum Herauftragen einer *Voie* 11 Gänge; denn die ersten trug er in 10, die letztern in 12 Gängen. Bei jedem Gange trug er also im Mittel 66,7 Kilogramme; wofür man 68 Kilogramme annehmen kann, wenn man das Gewicht der Traghaken mitrechnet. Nehmen wir hierzu das Gewicht des Körpers, das sich zu 70 Kilogrammen anschlagen läßt, so ist die Gröfse der Anstrengung für einen jeden Gang 138 Kilogramme, 12 Meter hoch gehoben; und da der Arbeiter 66 solche Gänge in einem Tage machte, so ist die Gröfse seiner Anstrengung bei dieser Tagesarbeit, gleich  $138 \times 66 \times 12$ ; oder, was eins ist, gleich einem Gewichte von 109 Kilogrammen, einen Kilometer hoch gehoben.

Die Gröfse einer Tage langen Anstrengung, welche ein Mensch, der ohne Last eine Treppe steigt, auszuhalten vermag, verhält sich also zu der, deren er fähig ist, wenn er sie mit einer Last von 68 Kilogrammen besteigt, wie 188 zu 100; oder (da dieses Verhältniß, wie wir gesehen haben, zu klein ist,) wohl richtiger wie 200 zu 100. Dieses Resultat,

\*) Die pariser *Voie* Brennholz war 4 par. Fufs breit und 4 p. Fufs hoch, und die Scheitlänge betrug 3 Fufs 6 Zoll; sie war also nicht ganz eine halbe unserer Klaftern eben so langen Scheitholzes.

bei dem ich noch immer die Gröſſe der Anſtrengung eines Menſchen, der ohne Laſt eine Treppe ſteigt, gegen die, wenn er ſie mit einer Laſt beſteigt, zu gering angenommen habe, widerſpricht ganz der Behauptung Daniel Bernoulli's und derer, die ihm gefolgt ſind, der zu Folge, ſo fern die Laſten nur nicht die körperlichen Kräfte überſteigen, die Gröſſe der Anſtrengung bei einer Tagesarbeit immer eine conſtante Gröſſe ſeyn ſoll,

Ich habe bei dieſer Berechnung die Gröſſe der Anſtrengung, die auf das Herabſteigen der Treppe verwendet wurde, nicht in Anſchlag gebracht; denn der Weg, den die Arbeiter hierbei durchlieſen, betrug nur 1800 Meter, und nach ihrem Geſtändniß iſt das Herabſteigen nicht beſchwerlicher, als das Gehen auf ebner Fläche, auf der man zum wenigſten in einem Tage 50000 Meter zurücklegen kann. Die Ermüdung, die das Herabſteigen verurſacht, kann daher nicht über den 25ſten Theil der Tagesarbeit geſchätzt werden, und man kann ſie um deſto mehr außer Acht laſſen, da die Gröſſe der Tageslangen Anſtrengung des Menſchen, der das Holz heraufträgt, viel zu groß gegen die eines Menſchen angenommen iſt, der ohne Laſt die Treppe erſteigt.

## 5.

Bei dieſer Art Arbeit bietet ſich eine intereſſante Bemerkung in Rückſicht der *nützlichen Wirkung der Arbeit* dar. Ein Menſch, der eine Laſt trägt, trägt nicht nur dieſe, ſondern auch ſein

eignes Gewicht, und da er bei jedem Gange wieder leer zurücksteigt, so besteht die nützliche Wirkung seiner Anstrengung nur in dem Transport der Last. Aus dem Vorhergehenden folgt aber, daß in dem Maasse, als sich die Last vermehrt, die Total-Größe der Tages-Anstrengung sich vermindert, und null seyn würde, wenn die Last 150 Kilogramme betrüge, unter welchem Gewicht er sich kaum bewegen könnte. Wenn aber auf der andern Seite der Mensch ohne Last steigt, so ist die nützliche Wirkung null, wenn auch die Total-Größe seiner Tagesthätigkeit das Maximum aller Thätigkeits-Größen ist, die er durch seine Tagesarbeit liefern kann. Zwischen diesen beiden Grenzen der Thätigkeit muß es also für das Gewicht der Last ein solches Maass geben, wobei die nützliche Wirkung der Tagesarbeit ihr *Maximum* erlangt. Dieses Maass des Gewichtes zu bestimmen, ist sehr interessant,

Um hierzu zu gelangen, bedürfen wir einer Formel für die Größe der Tagesthätigkeit, welche ein Mensch unter verschiedenen Lasten leisten kann. Zum wirklichen Gebrauch langt hierzu schon eine einfache Formel zu, die sich der Wahrheit nähert, und auf diese Art wird es leicht seyn, die Last zu bestimmen, bei der die nützliche Wirkung ihr *Maximum* erreicht.

Wir haben gesehen, daß die Tagesthätigkeit eines Menschen, der eine Treppe ohne Last ersteigt, gemessen wird durch ein Gewicht von 205 Kilogrammen, das 1 Kilometer hoch gehoben wird; die Ta-

gesthätigkeit dagegen eines Menschen, der sie mit einer Last von 68 Kilogrammen besteigt, durch ein Gewicht von 109 Kilogrammen, das 1 Kilometer hoch gehoben wird. Zieht man die letztere Zahl von der ersten ab, so finden wir, daß eine Last von 68 Kilogrammen, die der Mensch trägt, die Größe seiner Tagesthätigkeit um ein Gewicht von 96 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben, vermindert.

Nehmen wir bei dieser Untersuchung an, daß die Abnahme der Größe der Thätigkeit proportional sey der Zunahme der Lasten, was nicht weit von der Wahrheit abliegen kann, so werden beide immer durch das Verhältniß von 96:68 bestimmt werden; und wenn P irgend eine Last bedeutet, so giebt folgende Proportion die durch sie bewirkte Abnahme der Thätigkeitsgröße,  $68:96 = P:\frac{96}{68} \cdot P$ , und diese Abnahme der Thätigkeitsgröße ist also gleich  $\frac{96}{68} P = 1,41 P$ ; oder gleich 1,41 Kilometer multiplicirt mit P.

Da die Thätigkeitsgröße eines Menschen beim Steigen einer Treppe gleich ist 205 Kilogrammen, die 1 Kilometer hoch gehoben werden, so finden wir die *Größe der Tagesthätigkeit, die er unter der Last P leisten kann*,  $= 205 - 1,41 P$ , wobei 1,41 die Höhe in Kilometer ausgedrückt ist, zu der die Last P erhoben wird.

Wenn h die Höhe andeutet, die ein Mensch mit der Last P in einem Tage ersteigen kann, so wird Ph die nützliche Wirkung seiner Arbeit und

$(70+P)h$  die Totalgröße der von dem Menschen geäußerten Thätigkeit seyn, wenn sein eigen Gewicht gleich 70 Kilogrammen ist. So haben wir die Gleichung:

$$(70+P)h = 205 - 1,41 P$$

Die Formel für die *nützliche Wirkung*, die aus ihr fließt, ist

$$Ph = \frac{(205 - 1,41 P)P}{70+P}$$

Nehmen wir  $a = 205$ ,  $b = 1,41$ ,  $Q = 70$ , so wird sie zu folgender Formel:

$$Ph = \frac{(a - bP)P}{Q+P}$$

Um in dieser Formel für  $Ph$  das *Maximum* zu finden, müssen wir das Differentiale der Größe  $Ph$  gleich 0 setzen, wo denn folgender Werth für  $P$  herauskommt:  $P = Q \left( \left(1 + \frac{a}{bQ}\right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right)$ .

Setzen wir statt  $a$ ,  $b$ ,  $Q$ , Zahlen, so finden wir  $P = 0,754 Q = 53$  Kilogramme.

Setzt man in der Formel  $Ph = \frac{(205 - 1,41 P)P}{70+P}$ , welche die *nützliche Wirkung* giebt,  $P = 53$  Kilogr., so wird  $Ph = 56$  Kilogr., 1 Kilometer hoch gehoben. So viel leistet also ein Mensch, der eine Last in die Höhe trägt und wieder herabsteigt, um eine neue zu holen, an *nützlicher Arbeit*; indeed die Thätigkeitsgröße eines Menschen, der ohne Last steigt, auf den Tag 205 Kilogramme beträgt, die 1 Kilometer hoch gehoben werden. Es folgt hieraus, daß bei dieser Art von Arbeit beinah drei Vierteltheile

des Kraftaufwandes der Menschen unnöthig verschwendet werden, und sie also viertel mehr kostet, als eine Arbeit kosten würde, bei der der Arbeiter, nachdem er eine Treppe ohne Last erstiegen hat, sich auf irgend eine Art herabsenkte und so eine mit dem Gewicht seines Körpers fast gleiche Last in die Höhe zöge.

Um uns zu überzeugen, daß die Voraussetzung, die Abnahme der Thätigkeitsgröße sey den Lasten proportional, — ohne bedeutende Irrthümer für den Gebrauch ist, dürfen wir nur untersuchen, ob die von einem Menschen in einem Tage zu leistende, und durch die Formel ( $205 - 1,41 P$ ) bestimmte Thätigkeitsgröße, auf dem Punkt, wo sie 0 wird, (weil der Mensch mit einer größern Last beladen ist, als er tragen kann), eine Größe giebt, die sich der nähert, welche die Erfahrung zeigt. Man setze also  $205 - 1,41 P = 0$ ; dann wird  $P = 145$  Kilogramme. Dieses ist wirklich das größte Gewicht, welches ein Mensch von mittlerer Stärke nur eine kleine Strecke weit forttragen kann.

Es erhellt also aus diesem Resultat, daß die Formel, welche wir aus der Erfahrung gezogen haben, um das *Maximum* der nützlichen Wirkung zu bestimmen, welche ein Mensch beim Steigen unter irgend einer Last leisten kann, sowohl dem *Maximum* der totalen Thätigkeit eines Menschen, der ohne Last steigt, als auch dem *Minimum* der Thätigkeit, wenn er mit einer ihm zu schweren Last

beladen ist, und nicht minder der mittlern GröÙe von 68 Kilogrammen entspricht, welche, wie die Erfahrung lehrt, die gewöhnliche Last ist, die dergleichen Arbeiter zu tragen pflegen.

In dieser Untersuchung haben wir gefunden, daß ein Mensch, der dieses Maximum der nützlichen Arbeit hervorbringen will, auf jedem Gange nur 53 Kilogramme tragen muß; in unsern wirklich angestellten Versuchen beschwerte sich aber der Arbeiter, wie wir gesehen haben, mit 68 Kilogrammen. Die Ursachen dieser Verschiedenheit zwischen den Resultaten des Calculs und der Erfahrung verdienen untersucht zu werden.

Das Erste, was zu bestimmen ist, ist der Unterschied, der für die nützliche Wirkung der Arbeit entspringt; wenn wir statt des Gewichts von 53 Kilogrammen, eins von 68 Kilogrammen nehmen.

Der Arbeiter machte, wie ich erzählt habe, 66 Gänge; bei jedem Gange trug er eine Last von 68 Kilogrammen, 12 Meter hoch; dieses giebt also für die GröÙe der nützlichen Thätigkeit  $12 \cdot 66 \cdot 68 = 53.86$  Kilogramme, 1 Kilometer hoch gehoben. In dem vorhergehenden Artikel haben wir gefunden, daß wenn die Last 53 Kilogramme betrug, die nützliche Wirkung ein *Maximum* und gleich 56 Kilogrammen war, die 1 Kilometer hoch gehoben werden. Diese GröÙe ist um  $\frac{1}{4}$ tel größer, als die, welche der Mensch leistet, wenn er mit einer Last von 68 Kilogrammen beladen ist.

*Vergleichung der Thätigkeitsgröſſe, welche ein Mensch erreichen kann, wenn er einen horizontalen Weg mit oder ohne Laſt geht.*

Ohne eine Laſt können die Menſchen mehrere Tage hindurch jeden Tag leicht einen Weg von 50 Kilometern machen. Nimmt man das mittlere Gewicht des Menſchen zu 70 Kilogrammen an, ſo giebt dieſes für die Tagethätigkeit bei dieſer Art Arbeit eine Gröſſe von  $70 \times 50 = 3500$  Kilogramme, die 1 Kilometer weit getragen werden.

Als ich bei dem Ausziehen aus einem Logis in ein anderes, 2 Kilometer davon entferntes, bei jedem Gange meine Träger jeden mit einem Gewicht von 58 Kilogrammen belaftete, behaupteten ſie, ſie könnten nur 6 Gänge in einem Tage machen, und eine ſolche Arbeit nicht 2 Tage hinter einander aushalten.

Rechnet man zu der Laſt, welche ſie 2 Kilometer weit bei jedem Gange fortbrachten, das Gewicht ihres Körpers mit 70 Kilogrammen, ſo beträgt die ganze Laſt 128 Kilogramme, welche ſie  $6 \cdot 2 = 12$  Kilometer weit trugen. Die Gröſſe der Tagethätigkeit, die ſie bei dieſer Arbeit lieferten, betrug alſo 1536 Kilogramme, die 1 Kilometer weit getragen wurden.

Zu dieſer Gröſſe muß man noch die Anſtrengung auf dem Rückgange, der ebenfalls 12 Kilometer lang war, rechnen. Da ſie auf dieſem Wege leer gehen, und ein Menſch in einem Tage einen



Weg von 50 Kilometern zurücklegen kann, so verwendeten sie auf diesem Rückgange beinah den vierten Theil ihrer Tagesthätigkeit. Die gefundenen 1536 Kilogramme machen folglich nur  $\frac{1}{4}$  dieser Gröfse aus, und man kann also die ganze Summe dieser Tagesthätigkeit gleich setzen einem Gewicht von 2048 Kilogrammen, das 1 Kilometer weit getragen wird.

Die Gröfse der Tagesthätigkeit, wenn der Mensch leer geht, verhält sich also zu der, wenn er ein Gewicht von 58 Kilogrammen trägt, wie 3500 zu 2048, das ist beinah wie 7 zu 4.

Was das Maximum dieser Arbeit betrifft, so sagten mir die stärksten Träger auf meine Nachfrage, daß sie 44 Kilogramme, 18 bis 20 Kilometer weit tragen könnten. Rechnet man zu diesen 44 Kilogrammen noch 70 für das Gewicht ihres Körpers, so läßt sich das Maximum ihrer Tagesthätigkeit bei dieser Arbeit durch ein Gewicht von 2166 Kilogrammen ausdrücken, das 1 Kilometer weit getragen wird. Dieses Resultat kömmt dem vorigen so nahe, daß wir nicht befürchten dürfen, uns zu weit von der Wahrheit zu entfernen, wenn wir annehmen, daß ein Mensch, wenn er auf einem horizontalen Weg eine Last von 58 Kilogr. trägt, eine Tagesthätigkeit liefern könne, die gleich ist einem Gewichte von 2000 Kilogrammen, das 1 Kilometer weit getragen wird.

Es kömmt nun darauf an, nach der vorhergehenden Erfahrung die Gröfse der Last zu bestim-

men, unter welcher der Mensch, bei gleicher Ermüdung, die größte nützliche Wirkung hervorbringen kann. Diese letzte mißt sich durch die Last, multiplicirt mit der Weite, zu der sie getragen wird, und das Gewicht des eignen Körpers ist für sie immer ein reiner Verlust.

Zuerst ist der Verlust der Thätigkeitsgröße zu bestimmen, welcher durch die Last bewirkt wird.

Die Tagesthätigkeit eines Menschen, der ohne Last 50 Kilometer in einem Tage zurücklegt, ist gleich einem Gewicht von 3500 Kilogrammen, 1 Kilometer weit getragen. Ist er mit einer Last von 58 Kilogrammen beschwert, so ist sie gleich 2000 Kilogrammen, 1 Kilometer weit getragen. Die Größe des Verlustes, den die Summe der Thätigkeit durch eine Last von 58 Kilogrammen erleidet, ist also gleich einem Gewicht von 1500 Kilogrammen, 1 Kilometer weit getragen.

Wenn wir den *Verlust der Thätigkeit* der Last proportional annehmen, die Last mit  $P$ , und den durch sie bewirkten Verlust der Thätigkeit mit  $x$  bezeichnen, so haben wir  $1500 : x = 58 : P$ , also

$$x = \frac{1500 P}{58} = 25,86 P.$$

Es ist also die *Größe der Thätigkeit eines Menschen*, der eine Last  $P$  trägt,  $= 3500 - 25,86 P$ . Die Größen dieser Formeln bedeuten die Anzahl der Kilogramme, die 1 Kilometer weit getragen werden.

Suchen wir aus dieser Formel das größte Gewicht, das ein Mensch tragen kann, so müssen wir

den Ausdruck der Gröſſe der Thätigkeit,  $3500 - 25.86 P = 0$  machen, und dann wird  $P = 135,4$  Kilogramme. Dieses Gewicht iſt wirklich das, welches Menſchen von mittelmäßiger Stärke nur eine ſehr kurze Zeit tragen können.

Die Laſt, unter welcher ein Menſch bei dieſer Art Arbeit das *Maximum* der nützlichen Wirkung liefern kann, läßt ſich folgendermaßen beſtimmen:

Geſetzt, der Menſch könne unter der Laſt  $P$ , in einem Tage den Raum  $l$  durchlaufen, ſo wird die Gröſſe ſeiner Thätigkeit  $= (P + Q) l$  ſeyn, wenn wir  $Q = 70$  Kilogramme (dem Gewicht ſeines Körpers gleich) annehmen. Vorhin fanden wir dieſe Gröſſe  $= (3500 - 25.86 P)$ . Hieraus findet ſich die nützliche Wirkung dieſer Arbeit, oder  $P l$ ,  $= \frac{(3500 - 25.86 P) P}{P + Q}$ . Um das *Maximum* dieſer nützlichen Wirkung zu finden, müſſen wir das Differentiale dieſer Gröſſe  $= 0$  machen; und dieſes giebt, wenn  $3500 = a$  und  $25,86 = b$  geſetzt wird, wie oben S. 61.  $P = Q \left( \left( 1 + \frac{a}{bQ} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right)$ . Subſtituiren wir in dieſer Gleichung die Zahlen; ſo haben wir  $P = 0,72 Q = 50,4$  Kilogramme.

Da bei dieſer Art von Arbeit die Träger gewöhnlich nach der Transportirung einer Ladung wieder leer zurückgehen, um eine neue zu holen, ſo müſſen wir auch für dieſen Fall die Quantität der Laſt beſtimmen, bei der ſie das Maximum der nützlichen Arbeit leiſten können. Für den Fall, daſſ  $l = 50$  Kilometer, d. h. dem Wege gleich iſt, den ein

Mensch ohne eine Last in einem Tage durchlaufen kann, und  $Q = 70$  Kilogramme, d. h. dem Gewicht seines Körpers, ist  $Ql$  die GröÙe der Wirkung, welche er ohne eine Last in einem Tage liefert. Legt er aber nur ohne Last den Weg  $x$  zurück, der kleiner ist als  $l$ , so wird  $Qx$  nur ein Theil seiner Tagesthätigkeit seyn. Dividirt man diesen Theil der Arbeit durch ihre Totalsumme  $Ql$ , so wird  $\frac{Qx}{Ql}$  oder  $\frac{x}{l}$  die Portion einer Tagesthätigkeit ohne Last seyn, deren Einheit die Totalität dieser Thätigkeit ist; denn wenn  $x = l$  wird, so ist  $\frac{x}{l}$  gleich der Einheit.

Da aber hier der Mensch denselben Weg  $x$  beladen und unbeladen durchgeht, und da seine Tagesthätigkeit, wenn er eine Last,  $P$ , trägt,  $= 3500 - 25,86P$  ist, so wird, weil der Theil seiner Tagesthätigkeit, die er unter dieser Last  $P$  äußert, durch  $(P + Q)x$  dargestellt ist, die Vergleichung dieser GröÙe mit der ThätigkeitsgröÙe des ganzen Tages die Portion der Tagesthätigkeit angeben, die er unter dieser Last wird geleistet haben. So werden wir

für diese Portion der Arbeit haben  $\frac{(P + Q)x}{3500 - 25,86P}$ ;

und da die Summe der Arbeit des beladenen Menschen, und die der Arbeit desselben Menschen, wenn er unbeladen geht, der Arbeit des ganzen Tages gleichen muß, so haben wir

$$\frac{x}{l} + \frac{(P + Q)x}{3500 - 25,86P} = 1$$

Da  $Ql = 3500$  ist, so entsteht, wenn wir  $h = 25,86$  Kilometer nehmen, die Gleichung,  $P_x = \frac{P(Ql^2 - hlP)}{2Ql + P(1-h)}$ ; worin  $P_x$  die Portion der Thätigkeit ist, welche der *nützlichen Wirkung* gleich ist, die ein Mensch in einer Tagesarbeit leisten kann.

Um die Formel zu vereinfachen, mache ich  $a = Ql^2$ ,  $b = hl$ ,  $c = 2Ql$ ,  $f = 1-h$ ; so ist  $P_x = \frac{aP - bP^2}{c + fP}$ . Differentiirt man das zweite Glied und setzt man das Differentiale gleich 0, so erhalten wir zur gehörig geordneten Formel  $ca - 2bP - bfP^2 = 0$ , und hieraus ergibt sich  $P = \frac{c}{f} \left( \left( 1 + \frac{fa}{bc} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right)$ . Setzen wir die Zahlen statt der Buchstaben, so haben wir  $f = 1 - h = 24,14$ ;  $a = Ql^2 = 70.50^2 = 175000$ ;  $b = hl = 25,86.50$ ;  $2Ql = 2.70.50 = 7000$ . Aus diesen substituirtten Werthen erhalten wir  $P = 61,25$  Kilogramme.

Dies ist beinah dieselbe Last, welche Menschen von mittlerer Stärke auf sich laden, wenn sie in einem Tage mehrere Gänge von einer grossen Distanz machen müssen. Auf diese Art bleibt also kein Zweifel über die Genauigkeit der Elemente, aus denen dieses Resultat ist hergeleitet worden.

Wollen wir nach diesem Werth von  $P = 61,25$  Kilogrammen, das *Maximum* der nützlichen Wirkung berechnen, welches ein Mensch bei dieser Art von Arbeit liefern kann, so müssen wir in der Formel  $P_x = \frac{aP - bP^2}{c + fP}$ ,  $P = 61,25$  setzen; wir finden

dann  $P x \equiv 692,4$  Kilogramme, die 1 Kilometer weit fortgetragen werden.

Setzen wir in dieser Formel statt  $P$ , das Gewicht von 58 Kilogrammen, mit welchem wir zu Anfang den Menschen beladen annahmen, so wird die GröÙe seiner nützlichen Wirkung  $P x \equiv 691$  Kilogramme, 1 Kilometer weit transportirt. Nehmen wir  $P \equiv 65$  Kilogrammen, so ist  $P x \equiv 690$  Kilogramme, 1 Kilometer weit getragen. Man sieht also, daß eine Vermehrung oder Verminderung der Last von 4 bis 5 Kilogrammen in dem Maximum der nützlichen Wirkung nur unmerkliche Unterschiede hervorbringt.

Die ThätigkeitsgröÙe eines unbeladen gehenden Menschen, die gleich 3500 Kilogrammen ist, verglichen mit dem *Maximum* der nützlichen Wirkung dieser Arbeit, giebt also, wenn wir diese zu 692,4 Kilogramme, 1 Kilometer weit getragen, schätzen, das Verhältniß von 505 zu 100, das sich dem von 5 zu 1 sehr nähert. Die GröÙe der nützlich verwandten Thätigkeit beträgt daher bei dieser Art von Arbeit nur den fünften Theil von der, welche der unbeladen gehende Mensch leistet.

Die GröÙen der Thätigkeit sind beim *Steigen* einer Treppe und beim *Gehen* auf einem horizontalen Wege verschiedenartig. Im ersten Falle muß der Mensch bei jedem Schritt den Schwerpunkt seines Körpers um eine Stufe hoch erheben; im zweiten Fall wird seine Bewegung durch seine Schwere nicht vermindert, er braucht bloß ein Bein nach

dem andern aufzuheben und dem Schwerpunkt, der unbeträchtlich steigt und fällt, eine oscillirende Bewegung von 2 oder 3 Millimetern zu geben. Ungeachtet dieser Verschiedenartigkeit der Thätigkeit ist es doch interessant, eine Vergleichung zwischen der Höhe, zu welcher der Mensch in einem Tage seinen Schwerpunkt erheben kann, und der Länge des horizontalen Weges, den er bei gleicher Ermüdung zurücklegt, aufzufuchen. Hiezu sind uns die Resultate der vorher gegangenen Berechnungen und Erfahrungen behülflich.

205 Kilogramme, 1 Kilometer hoch gehoben, drückten die Gröſſe der Tagesthätigkeit eines Menschen aus, der ohne Last eine Treppe ersteigt; und 3500 Kilogramme, 1 Kilometer weit transportirt, diese Gröſſe, wenn er ohne Last auf einem horizontalen Wege geht. Beide Gröſſen verhalten sich beinahe wie 1 zu 17.

Die gewöhnliche Höhe einer Treppenstufe ist ungefähr 135 Millimeter, und ihre Breite ungefähr das Dreifache ihrer Höhe. 135 Millimeter mit 17 multiplicirt, oder 2295 Millimeter, werden also die Länge des horizontalen Weges seyn, die ein Mensch mit derselben Ermüdung zurücklegt, die er beim Steigen einer Stufe von 135 Millimeter Höhe erfährt. Da der gewöhnliche horizontale Schritt eines Menschen 650 Millimeter lang ist, so folgt, daß das Ersteigen einer 135 Millimeter hohen Stufe ihn eben so stark angreift, als 3 und  $\frac{1}{2}$  Schritt auf einem horizontalen Wege.

*Von der GröÙe der Tageshütigkeit, wenn die Arbeiter Lasten auf Schiebkarren forsfahren.*

Aus den vielen Versuchen, welche Vauban über diese Art Arbeit angestellt hat, folgerte er, „daß ein Mensch in einem Tage in einem Schiebkarren 14,79 Kubikmeter Erde in 500 Gängen 29,226 Meter weit fortbringen kann; wobei also die Länge des Weges, den er mit der Ladung und den er beim Zurückfahren ohne Ladung zurücklegt, 14,613 Kilometer beträgt.“

Hierbei ist noch zu bemerken, daß der Mensch, wenn er die Arme der beladenen Karre ungefähr 15 Decimeter weit von der Axe des Rades faßt, einen Theil der Ladung und des Gewichts der Karre trägt; der übrige Theil des Gewichts ruht auf dem Erdpunkte, auf welchem das Rad sich befindet. Ich finde mittelft einer Schnellwage, mit der ich die Karre an demselben Punkt ihrer Arme hielt, wo die Arbeiter sie anfaßen, daß der Theil des Gewichts, den sie tragen, 18 bis 20 Kilogramme beträgt. Ist die Karre ungeladen, so beläuft es sich auf 5 bis 6 Kilogramme.

Ferner finde ich, daß zum Forttreiben einer beladenen Karre auf trockenem und gleichem Wege, wenn ihre Arme von Seilen getragen werden, die an einem sehr hohen Punkt befestigt sind, eine Kraft von 2 bis 3 Kilogrammen erfordert wird. Diese letzte Kraft hängt größtentheils von den kleinen Widerständen ab, die das Rad auf dem Boden



findet, und richtet sich auch sehr nach der Geschicklichkeit des Arbeiters, der es nicht immer versteht, die Bewegung der Karre recht in seiner Gewalt zu haben.

Um die GröÙe der nützlichen Thätigkeit eines Arbeiters, die er bei dieler Art Arbeit leistet, bestimmen zu können, muß man noch wissen, daß Arbeiter von mittler Stärke im Durchschnitt ihre Karren mit einer Last von ungefähr 70 Kilogrammen beladen, und daß das sehr verschiedene Gewicht der Karren, im Mittel, 30 Kilogramme beträgt.

Da die Arbeiter die beladene Karre 14,61 Kilometer weit in einem Tage führen können, so ist die nützliche Wirkung dieser Tagesarbeit gleich  $70 \cdot 14,61 = 1022,7$  Kilogrammen, 1 Kilometer weit getragen.

Trägt der Mensch die Last auf dem Rücken, so war nach dem Vorigen das Maximum der nützlichen Wirkung seiner Tagesarbeit gleich einem Gewicht von 692,4 Kilogrammen, 1 Kilometer weit getragen. Die nützliche Wirkung eines Menschen, der eine gewisse Last auf einem Karren fortführt, verhält sich also zu der, wenn er dieselbe Last auf dem Rücken trägt, wie  $1022,7 : 692,4 = 148 : 100$ . Es können also 100 Arbeiter auf trockenem und gleichem Boden mit Karren eben so viele Arbeit leisten, als 150 Menschen mit Tragkörben.

*Ueber die GröÙe der Thätigkeit, welche ein Mensch beim Schlagen oder Einrammen von Pfählen leisten kann.*

Bei dieser Arbeit wird die nützliche Wirkung durch das Gewicht des Rammklotzes oder sogenannten Bäres, durch die Höhe, zu welcher die Arbeiter ihn erheben, und durch die Anzahl der Schläge, die sie in einem Tage machen können, bestimmt.

Der Bär wiegt gewöhnlich 350 bis 450 Kilogramme, und wird von einem Seile gehalten, das über eine Rolle geht und sich in mehrere Schnuren endigt, welche von den Arbeitern angefaßt werden. Ruht der Bär auf dem Pfahle, so hält jeder Arbeiter seine Schnur ungefähr in der Höhe des Kopfs. Zum Ziehen des Seils beugen sie sich nieder, und heben dadurch den Bär ungefähr 11 Decimeter hoch. In einer Minute macht man beinahe 20 Schläge; 60 bis 80 geschehn hintereinander, dann läßt man die Werkleute wieder eine eben so lange Zeit ausruhn, als sie gearbeitet haben. Dessen ungeachtet ist man oft genöthigt, sie von Stunde zu Stunde abzulösen.

Nie fand ich, daß ein Mensch diese Art von Arbeit länger aushalten konnte, als drei Stunden in einem Tage; die übrige Zeit wurde zum Ausruhn und zum Ausbessern und Zurechtbringen des Maschinenwerks verwendet. Wenn die Arbeiter sehr stark sind, nimmt man ihrer so viele, daß ungefähr jeder 19 Kilogramme von dem Gewicht des Rammklotzes zu ziehn bekommt.

Nach diesen Angaben läßt sich die GröÙe der Tagesthätigkeit bei dieser Art Arbeit durch das Produkt der drei Zahlen, der 11 Decimeter, 19 Kilogramme und der Anzahl Schläge bestimmen, die in drei Stunden wirklicher Arbeit gemacht werden. Rechnet man 20 Schläge auf eine Minute, so giebt dieses eine GröÙe der Tagesthätigkeit, welche gleich ist einem Gewicht von 75,2 Kilogrammen, die 1 Kilometer hoch gehoben werden.

Vergleichen wir diese Thätigkeits-GröÙe mit der, die ein Mensch beim Ersteigen einer Treppe ohne Last bewirkt, welche gleich ist 205 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben, so erhellt, daÙ beim Rammen der Arbeiter nur etwas wenig über das Drittel der Thätigkeit liefert, welche er im andern Fall hervorbringen würde, und daÙ es also leicht wäre, hierbei die menschlichen Kräfte so vortheilhaft anzuwenden, daÙ ein einziger Arbeiter eben so viel leisten könnte, als beinahe drei wirken, wenn sie auf die gewöhnliche Art an der Ramme arbeiten.

Diese Berechnung giebt für die Tagesthätigkeit beim Rammen der Pfähle noch eine weit beträchtlichere GröÙe, als ich sie bei einer ähnlichen Arbeit in der Münze zu Paris finde, wo Menschen mehrere Monate hindurch die Münzen mit einem Bär schlugen. Der Bär wog 38 Kilogramme, und wurde von zwei Arbeitern regiert; jeder hob also 19 Kilogramme. Bei jedem Schläge wurde der Bär 4 Decimeter hoch gehoben, und man schlug in ei-

nem Tage 5200 Stück Münzen, hob also den Bär 5200 Mal. Das Produkt der drei Zahlen, auf welche es hier ankommt, der 19 Kilogramme, der 4 Decimeter und der 5200 Schläge, giebt die GröÙe der von jedem Arbeiter geleisteten Tagesthätigkeit; sie ist folglich einem Gewicht von 39,5 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben, gleich. Dieses ist beinahe nur die Hälfte von 75,2 Kilogrammen, der Thätigkeits-GröÙe, welche ein Arbeiter beim Rammen der Pfähle liefert, und nur der 5te Theil von der, wenn der Mensch eine Treppe ohne Last ersteigt.

Nur ist zu bemerken, daß dieselben Menschen diese Arbeit 15 Monate hindurch in der Münze fortsetzen, indess die Arbeiter an den Rammen zu einer andern Arbeit kommen, wenn sie ermüdet sind, welches sehr bald geschieht. Wahrscheinlich hätten aber diese beiden Menschen bei einer andern Einrichtung der Arbeit mehr leisten können. Einer von den Arbeitern, der sehr stark war, wollte es unternehmen, einen Schläger ganz allein zu regieren, er hielt aber diese Arbeit nur einige Stunden aus. Ich glaube, daß dieser Mensch diese Arbeit mehrere Tage hindurch würde ausgehalten haben, wenn er, statt des Schlägers von 38 Kilogrammen, einen von 19 Kilogrammen genommen, und mit seiner Hand einen Raum von 8, statt von 4 Decimetern durchlaufen hätte, wenn dabei irgend eine Vorkehrung so wäre getroffen worden, daß der Schläger nur 4 Decimeter hoch gefallen

wäre; welcher Fall zum Schlagen der Münzen hinlänglich groß ist.

Folgende Arbeit ist dem Rammen der Pfähle sehr ähnlich. Ich ließ zwei Tage hintereinander *Wasser* aus einem 37 Meter tiefen Brunnen *ziehn*. Der Arbeiter schöpfte mit einem doppelten Eimer, und bekam für 10 Eimer 25 Centimen Lohn. Den ersten Tag schöpfte er 125, den zweiten 119 Eimer, von denen jeder im Mittel 16 Kilogrammen wog. Nehme ich an, daß er 120 Eimer in einem Tage herauschöpfen konnte, so giebt diese Zahl, mit 37 Metern und 16 Kilogrammen multiplicirt, für die Größe seiner Tagesthätigkeit ein Gewicht von 71 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben. Eine Größe, welche beinahe der gleich ist, wenn ein Mensch an einer Ramme arbeitet.

## 9.

*Ueber das Arbeiten an Kurbeln.*

Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, directe Versuche über diese Art von Arbeit anstellen zu lassen. Das, was hier folgt, ist das Resultat einer sehr großen Anzahl von Beobachtungen, die ich an Schöpf-Maschinen gemacht habe; nur muß man bedenken, daß der Widerstand, den die Arbeiter bei diesen Maschinen erfahren, sehr schwer sich schätzen läßt.

Bei dem größten Theil der mechanischen Arbeiten schätzt man den Druck, den ein Mensch auf den Handgriff der Kurbel ausübt, auf 12 bis 13 Kilogramme. Bei einer fortgesetzten Arbeit dieser

Art glaube ich, daß dieser Druck nicht über 7 Kilogramme angeschlagen werden kann. Mehrentheils durchläuft der Handgriff der Kurbel einen Kreis von 23 Decimetern Umfang, und auf eine Minute rechnet man 30 Umdrehungen. Dauert aber die Arbeit mehrere Stunden fort, so wird man finden, daß die Arbeiter bei einem Druck von 7 Kilogrammen nur 20 bis 22 Umdrehungen machen können. Die Zeit dieser Tagesarbeit rechnet man zu 10 Stunden; bei schwerern Arbeiten läßt man die Menschen nur 8 Stunden an der Kurbel arbeiten. Da die Arbeiter, wenn sie zu ermüden anfangen, sich nur langsam bewegen und oft ganz ruhen, so kann man die wirkliche Arbeitszeit eines Tages nur zu 6 Stunden anschlagen, 20 Umdrehungen auf eine Minute gerechnet.

Multipliziert man, diesen Angaben zu Folge, die 7 Kilogramme, die 23 Decimeter und die 20  $\times$  360 Umdrehungen mit einander, so erhält man für die Größe dieser Tagesthätigkeit 116 Kilogramme, 1 Kilometer hoch gehoben.

Die Größen der Tagesthätigkeit, welche ein und derselbe Mensch beim Ersteigen einer Treppe ohne Last, beim Arbeiten an einer Kurbel, und beim Rammen leisten kann, verhalten sich also wie die Zahlen 205:116:75, oder beinahe wie 8:5:3. Für die wirkliche Anwendung sind diese Berechnungen und Angaben hinlänglich genau.

*Ueber die Arbeit des Grabens mit dem Grabscheit.*

Da diese Art der Arbeit ausnehmend verschiedene Resultate geben muß, nach Verschiedenheit des Bodens, der Jahrszeit, und der Länge der Zeit der vorhergegangenen Bearbeitung; so kann man die hier folgende Berechnung nur als ein besondres Exempel ansehen, das zur Erläuterung ähnlicher Berechnungen dienen kann.

Der Arbeiter, den ich gebrauchte und der 8000 Quadratmeter Erde hintereinander bearbeitet hat, war stark, verständig und der Arbeit mit dem Grabscheit gewohnt. Der Boden war vortrefflicher Kornboden, und befand sich in dem mittlern Zustand zwischen Feuchtigkeit und Trockniß, worin er sich am besten bearbeiten läßt, war aber dennoch sehr fest.

• Der Arbeiter wurde nach Quadrat-Metern bezahlt, und konnte in einem Tage 2 Frank und 5 Decimen verdienen. Folgendes ist das Resultat dieses Versuchs nach mittlern Zahlgrößen, die sich sehr schwer genau bestimmen lassen.

Der Arbeiter hob jedesmal mit seinem Grabscheit, das er 25 Centimeter tief in die Erde steckte, 6 Kilogrammen Erde ungefähr 4 Decimeter hoch, um sie dann umwenden zu können. So fest die herausgegrabne Erde auch war, ließ sie sich doch leicht mit 5 oder 6 Schlägen klein machen; solcher Schläge mit dem Grabscheit gab der Arbeiter ungefähr 20 in einer Minute. Die erste Kraft beim Ein-

Stechen des Grabscheits betrug im Durchschnitt 20 Kilogramme; war es einige Centimeter eingedrungen, so erforderte das tiefere Stechen nur eine Kraft von 12 Kilogrammen. In den langen Tagen bearbeitete dieser Mensch eine Oberfläche von 181 Quadrat-Meter; die Masse der herausgegrabenen Erde betrug also 45,25 Cubik-Meter. Der Cubik-Meter Erde wog 1898 Kilogramme.

Um die GröÙe des einen Theils dieser Tagesarbeit, der im Herausheben der Erde bis zu 4 Decimeter Höhe besteht, seiner Zahl-GröÙe nach zu bestimmen, muß man die 1898 Kilogramme Gewicht, die 45,25 Cub. Meter und die 4 Decimeter zusammen multipliciren; das Produkt hiervon ist gleich einem Gewicht von 34,3 Kilogrammen, das 1 Kilometer hoch gehoben wird. Da man aber hierzu noch das Gewicht des Grabscheits rechnen muß, welches ungefähr 1,7 Kilogramme schwer ist, so kann man die GröÙe der Tagesthätigkeit, die auf das Herausheben der Erde verwendet wird, einem Gewicht von 43 Kilogrammen gleich schätzen, das 1 Kilometer hoch gehoben wird.

Es kömmt nun zweitens auf die GröÙe der Tagesthätigkeit an, die auf das jedesmalige Einstechen des Grabscheits zu einer Tiefe von 25 Centimetern verwendet wird. Wir können die zu jedem Stich erforderliche Kraft zu 15 Kilogrammen anschlagen, da zum ersten Ansatz wenigstens eine Kraft von 20, nachher aber nur eine von 12 Kilogrammen nöthig ist. Aus dem Gewicht der herausgegrabenen Erde



findet sich, wenn man auf jeden Stich 6 Kilogrammen rechnet, daß der Arbeiter 14316 Stiche mit dem Grabſcheit in einem Tage machte. Die 15 Kilogramme Druck, die 14326 Stiche und die 25 Centimeter Tiefe geben also, in einander multiplicirt, für diesen Theil der Tagesarbeit eine Größe, welche sich durch ein Gewicht von 53,6 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben, darstellen läßt.

Diese beiden Größen der Arbeit addirt, geben für die ganze Tagesthätigkeit ein Gewicht von 96,6 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben.

Die Größe der auf das Kleinmachen der herausgegrabenen Erde verwendeten Arbeit läßt sich schwer bestimmen; nach der Art, wie sie mein Arbeiter verrichtete, glaube ich nicht, sie höher als den zoften Theil der übrigen Arbeit anschlagen zu dürfen. Wir werden uns also nicht sehr von der Wahrheit entfernen, wenn wir den wahren Werth der ganzen Tagesthätigkeit einem Gewicht von 100 Kilogrammen, 1 Kilometer hoch gehoben, gleich schätzen.

---

Der Verfasser fügt diesem noch eine ungefähre Vergleichung bei, zwischen dem Stechen mit dem Grabſcheit und dem Ersteigen einer Treppe ohne Last, und zwischen dem Herausheben der gegrabenen Erde und der Arbeit des Rammens, des Drehens einer Kurbel und dem Schöpfen mit Eimern, wobei er findet, daß beim Graben höchstens  $\frac{1}{26}$  Ausfall an Quantität der Action ist, — und zeigt dann, wie viel bei

dem Oekonomifiren der Kräfte darauf ankömmt, daß man die Gefchwindigkeit, die Laft und die Ruhezeit gehörig abmifst, und wie fehr es daher auf die Gefchicklichkeit des Arbeiters ankömmt, daß man bei einer Tagesarbeit die möglichft größte Wirkung erhalte.

Zuletzt warnt er den Lefer vor Verfuchen von zu kurzer Dauer, und vor Irrthümern, in die man gerathen kann, wenn man fie mit Menfchen von ungewöhnlicher Stärke anftellt. Die mittlern Refultate richten fich auch nach dem Klima. „Ich habe, fagt er, -fchwere Arbeiten von den Soldaten zu Martinique unternehmen laffen, wo das Thermometer felten unter 20° fteht. Diefelbe Arbeit liefs ich dann von den Soldaten in Frankreich verrichten. Ich kann daher mit Gewifsheit fagen, daß die Menfchen unter dem 14ten Grad der Breite, wo fie faft beftändig in Schweiß find, nicht die Hälfte der Arbeit verrichten können, die fie in unfrem Klima auszuführen im Stande find.“

IV.

*Beschreibung des Meteorsteins, der zu Char-  
sonville bei Beaugency am 23. Nov. 1810.  
herabgefallen ist, und Analyse desselben.*

(als Norm für Zerlegungen dieser Art)

von

V AUQUELIN \*).

Ich glaube meiner Analyse voran schicken zu  
müssen den Bericht, welchen Herr Pellieux,  
Arzt zu Beaugency, dem Minister des Innern von  
diesem Natur-Ereignisse eingeschickt hat, und eine  
Beschreibung des Steins, die von Hrn. Haüy her-  
rührt.

1. *Bericht des Arztes Pellieux zu Beaugency.*

Freitags, den 23sten November um halb zwei  
Uhr Nachmittags, bei sehr stillem und heiterem  
Wetter und Südwind, als das Thermometer auf  
12° R., und das Barometer auf 27" 6" stand, hörte  
man in der Stadt, und besonders auf dem Lande,  
eine Explosion, welche einige Minuten lang dauerte,  
und in welcher man drei starke auf einander  
folgende Detonationen, wie von einer bedeutenden

F 2

\*) Frei übersetzt aus den *Annales du Muséum d'Hist. na-  
tur.* t. 17, von Gilbert.

Mine, oder vielmehr von einem aufliegenden Pulvermagazine, unterschied. Die Landleute waren um so mehr in Schrecken gerathen, da sie das Getöse nicht nur stärker gehört, sondern auch eine Feuerkugel in der Luft gesehen hatten, die von Norden nach Süden flog, und im Augenblicke der Explosion einen bedeutenden feurigen Schweif in ihrer ganzen Richtung bildete \*).

Dieses außerordentliche Ereigniß, dessen Ursache man nicht wußte, hatte alle Einwohner in Unruhe versetzt. Um 8 Uhr Abends verbreitete sich plötzlich das Gerücht, es rühre her von dem Aufliegen des Artillerieparkes der kaiserl. Garde, die zu Blois in Garnison war, und wir brachten die Nacht in den schrecklichsten Besorgnissen über das Schicksal der Einwohner dieser Stadt zu. Schon wollte man die Zahl der Umgekommenen wissen. Dieses Gerücht wurde aber durch den folgenden Bericht widerlegt, den mir am andern Morgen um 10 Uhr der Pächter der Meierei *Mortelle*, Namens *Hénault*, machte, welche Meierei 4 Lieues von unserer Stadt, zwischen dem Flecken *d'Espieds* und *Charsonville*, liegt \*\*).

„Als ich gestern Nachmittag um ein Viertel auf zwei Uhr mit einem Knechte (*garçon charretier*)

\*) *Qui se dirigeant du Nord au Sud, avait formé au moment de l'explosion une trainée de feu considérable dans toute sa direction.*

\*\*) Die Gemeinde *Charsonville* liegt nicht weit von *Orléans*, im jetzigen *Département des Loires*, im Canton *Mouhy*.

aus dem Pachtgute gegangen war, sahen wir in der Luft eine ansehnliche Feuerkugel, die von Norden kam, und die, nachdem sie einen weiten Raum durchflogen hatte, über unsern Köpfen platzte, wobei sie nach allen Seiten Feuer und Flammen spie. Wir hörten sogleich drei Schläge, welche einer einige Zeit nach dem andern folgten, und die uns drei starken Kanonenschüssen zu gleichen schienen. Auf dieses Getöse folgte ein außerordentliches Pfeifen, welches von einem von dichtem Rauch begleiteten Steine entstand, der in sehr geringer Entfernung von uns herabgeschleudert wurde, und da, wo er auffiel, die Erde bis zu einer Höhe von 5 Fufs aufwärts trieb. Als wir von dem ersten Schrecken zurück gekommen waren, giengen wir nach dem Orte, wo er herabgefallen war, warteten indess einige Zeit, aus Furcht, er möchte sich wieder erheben; auch bedurften wir Werkzeuge, um ihn heraus zu arbeiten, da er fast 2 Fufs tief in die Erde eingedrungen war. Er war noch heiß, und wog 20 Pfund. Alle, welche in der Nachbarschaft wohnten, waren bei dem Getöse herbei gelaufen, und jeder wollte ein Stück von dem Steine haben. Ehe er zerbrochen wurde, war der Stein von einer viereckten Gestalt, 6 Zoll lang und 5 Zoll breit. Er schlägt am Stahle Feuer, und giebt einen dumpfen Klang, wenn man ihn mit einem eisernen Werkzeuge schlägt“ \*).

\*) Eine vollständigere Erzählung von diesem Meteor, von Hrn. Bigot de Morogues, habe ich den Lesern der Anna-

Henault hatte mir von diesem Steine ein sehr kleines Stück mitgebracht, und folgendes habe ich daran selbst bemerkt: Der Stein ist von einer beinahe schwarzen und rauchrigen (*enfumée*) Rinde bedeckt, und im Innern aschgrau mit glänzenden Punkten durchsäet, die man für Glimmer halten könnte, unter dem Mikroskope aber sehr bald für lauter Metallkügelchen erkennt, die von der Natur des Eisens sind, da der ganze Stein von dem Magnete gezogen wird. Sein specifisches Gewicht ist ziemlich beträchtlich, und er ist ohne Höhlungen und Blasen. Wenn man ihn gegen einen harten Körper reibt, so nimmt er Politur und Metallglanz an der Stelle des Reibens an, und während des Reibens schien er mir keinen Geruch nach Schwefel zu verbreiten; ein Beweis, daß dieser durch die Wirkung des Feuers ganz zerstört ward. Aber woher kömmt es, daß das Eisen durch dieselbe nicht verschlackt worden ist?

Ich überlasse dieses zu erklären den Gelehrten, und bemerke nur noch, daß zwar die Erscheinung selbst während heiterer und stiller Witterung eintrat, daß aber dieser Witterung mehrere Tage mit Sturm und Gewittern vorhergegangen waren. Die Stürme hatten großen Schaden angerichtet, und der Blitz hatte an mehreren Orten eingeschlagen. Dieses beweist einen

den J. 1811. St. 3., od. N. F. B. 7. S. 349 mitgetheilt. Nach dieser fielen drei Steine herab, einer von 20 Pf. bei *Villerat*, einer von 40 Pf. zu *Moulin-Brulé* und ein dritter bei *Mortèle*, den man nicht gefunden zu haben scheint.

Gilberts.

genauen Zusammenhang des feurigen Meteors mit der in der Atmosphäre verbreiteten elektrischen Materie, und daß beide Wirkungen von einer und derselben Ursache sind. Dieses wird auch noch dadurch bestätigt, daß in den Nächten vor dem Freitage, an welchem die Detonation erfolgte, am nördlichen Horizonte ein feuriges Nordlicht erschienen war, welches seit dem Herabfallen dieses Steins nicht mehr der Fall seyn soll. Er ist vielleicht nicht der einzige, welcher damals zur Erde herabgekommen ist; denn da man das Phänomen in großen Entfernungen zu gleicher Zeit und an derselben Gegend des Himmels gesehen hat, so muß die Explosion in einer bedeutenden Höhe vor sich gegangen seyn.“ Beaugency d. 24. November 1810.

2. *Beschreibung des Steins von Herrn Haüy.*

Der am 23ten November 1810 zu Charfonville herabgefallene, und von Sr. Excell. dem Minister des Innern, Grafen Montalivet, dem Museum übergebene Aerolith, ist, wie alle Körper desselben Ursprungs, mit einer sehr dünnen schwarzen Rinde bedeckt. Das Innere ist hellgrau, und von einer schwarzen Ader durchsetzt, welches man bis jetzt noch in keinem Steine dieser Art bemerkt hatte. Er ist von körnigem, doch von dichterem Gewebe, als die Aerolithen von l'Aigle, Ensisheim und überhaupt alle, die auf dem Museum vorhanden sind. Er enthält eine große Menge Eisenkörnchen in metallischem Zustande, die man leicht mit

bloßen Augen wahrnimmt. Auch bemerkt man im Innern desselben einige weißliche Kügelchen, denen ähnlich, welche einige andere Aerolithe, besonders die von Benaces in Ostindien, und von Weston in den amerikanischen Freistaaten enthalten. Alle Theile des Aerolithen, auch die, in welchen das Auge keine Spur von Eisen entdeckt, äußern eine sehr merkliche Wirkung auf die Magnethadel, und diese Wirkung ist selbst den kleinsten Theilchen, die von der Masse getrennt worden, eigen. An einigen Stellen schlägt der Stein am Stahle Feuer, und seine scharfkantigen Bruchstücke ritzen das Glas ein wenig. Das specifische Gewicht entspricht dem Gewebe und der Beschaffenheit desselben; es ist 3,712, also etwas größer, als das der übrigen Aerolithen, welches bisher nicht über 3,5 hinaus gieng.

Man sieht aus dieser Beschreibung, daß der zu Charfonville herabgefallene Stein in seinem Aussehen und in seinen vorzüglichsten Eigenschaften allen andern bekannten gleicht, nur mit der Verschiedenheit, daß die Theilchen desselben entweder von Anfang an, oder während dem auf das Glühen folgenden Erkalten, einander mehr scheinen nähert geworden zu seyn.

### 3. *Analyse des Aerolithen.*

Es ist jetzt durch die Analysen der Chemiker bekannt, daß die Steine, welche aus der Luft herabfallen, oder die Aerolithen, aus folgenden



Bestandtheilen zusammengesetzt sind: 1) *Kiesel-erde*, macht den größten Theil der Masse aus; 2) *Eisen*, und 3) *Magnesia*, die dann der Menge nach folgen; 4) *Chromium*, 5) *Nickel*, 6) *Thonerde*, 7) *Schwefel*, 8) *Kalk*, [und 9) *Manganes G.*] welche alle nur in sehr geringer Menge in diesen Steinen vorhanden sind.

Die Mittel, diese acht Bestandtheile von einander zu trennen, sind allen Chemikern von Profession geläufig, und für sie würde es hinreichend seyn, die Methode, welche ich befolgt habe, nur im Allgemeinen anzudeuten, um sie in den Stand zu setzen, zu urtheilen, ob gut oder schlecht operirt worden sey. Da indess junge Männer und Liebhaber wünschen dürften, jetzt, da die atmosphärischen Steine häufiger werden und leicht zu haben sind, die Analyse derselben selbst anstellen zu können, habe ich geglaubt in das Detail der Operationen tief genug eingehn zu müssen, um ihnen bei dieser interessanten aber ziemlich zusammengesetzten Arbeit zum Wegweiser dienen zu können.

*Versuch 1.* Um auszumachen, ob dieser *Aerolith*, so wie die früher analysirten, *Chromium* enthalte, schmolz ich 5 Grammes desselben mit 3 Gr. ätzendem Kali, dem ich, um die Mengung zu erleichtern, etwas Wasser beigefügt hatte. Die Mengung wurde grünlich, selbst ehe die Hitze darauf eingewirkt hatte; ein Farbenwechsel, welcher, wie wir weiter unten sehen werden, die Gegenwart von *Chromium* anzeigt. Während der Schmelzung ver-

wandelte sich diese Farbe in ein etwas grünliches Gelb.

*Versuch 2.* Beim Zerrühren der geschmolzenen Masse im Wasser wurde die Flüssigkeit grünlichgelb. Als nun darauf gegohsnes Wasser sich nicht mehr farbte, goß ich alles Wasser, womit die Masse gewaschen worden war, zusammen, und brachte es durch Abdampfen in die Enge. Dabei schlug sich das *Manganes-Oxyd* in Gestalt eines schwarzen Pulvers zu Boden, worauf die Flüssigkeit rein gelb erschien.

*Versuch 3.* Diese gelbe Farbe ließ mir an der Anwesenheit von Chromium gar keinen Zweifel; da aber das Kali, zugleich mit dem Chromium, einen Antheil Kiesel-erde und Thonerde aufgelöst haben mußte, sättigte ich das überflüssige Alkali in der Flüssigkeit vorsichtig mit Salpetersäure, und dampfte dann die Flüssigkeit mit Vorsicht bis zur Trockenheit ab. Hierbei wird das Kali, welches die beiden Erden aufgelöst enthält, durch Salpetersäure gesättigt, und beide Erden scheiden sich daher beim Austrocknen der Flüssigkeit ab; das chromiumsaure Kali aber, welches für sich auflöslich ist, wird in diesem Fall von der Salpetersäure nicht zersetzt, es wurde daher, als ich den Rückstand leicht trocknete und dann ihn mit lauem Wasser behandelte, wieder aufgelöst, und ich erhielt eine Flüssigkeit von einer sehr schönen orangegelben Farbe. — Um mich zu vergewissern, ob die Farbe dieser Flüssigkeit wirklich von Chromiumsäure herrühre, setzte

ich salpeterlaures Quecksilber-Oxydul hinzu, und erhielt einen ins Orange spielenden rothen Niederschlag, welcher nach dem Waschen, Trocknen und Calciniren mir ein schön grünes Oxyd gab, welches ein offener Beweis von Chromium ist.

*Versuch 4.* Nachdem ich mich auf diese Art von der Gegenwart von Chromium und Manganes in dem Meteorsteine überzeugt hatte, fügte ich die Kiefelerde und Thonerde, welche das Kali aufgelöst und die Salpetersäure wieder abgeschieden hatte, zu dem im Wasser unauflöslichen Rückstande des mit Kali geschmolzenen Aerolithen hinzu, und behandelte dann diese Masse mit sehr schwacher Salzsäure. In ihr löste sie sich ziemlich leicht auf, und es blieben nur einige Atome eines weissen Staubes zurück, welcher Kiefelerde war. Die Farbe der Auflösung war röthlich gelb.

Da *Kiefelerde*, welche an hinlänglich viel Alkali gebunden, sich in den schwachen Säuren auflöst, so mußte die in dem Aerolithe vorhandene Kiefelerde sich zugleich mit den andern Materien in der Salzsäure, die ich genommen hatte, aufgelöst haben; und da diese Säure die Kiefelerde willig in einer Hitze verflücht, welche die übrigen Verbindungen, die sie begleiten, nicht zu zersetzen vermag, so dampfte ich die Flüssigkeit bis zur Trocknis unter der nöthigen Vorsicht ab. So vorsichtig man hierbei indeß auch verfährt, so ist es doch unmöglich zu vermeiden, daß die Säure nicht auch einen Antheil von Eisenoxyd im Maximum verlasse,

und daß dieser sich nicht mit der Kiefelerde vermengt, wenn man die Masse wäscht, um alle auflöslichen Materien wieder fortzunehmen. Um dieses Vermengen zu verhindern, habe ich dem Wasser, womit ich wusch, etwas Salzsäure zugeetzt, und habe schwache Wärme gebraucht; auf diese Art wurde das wenige Eisen, welches sich niedergeschlagen hatte, wieder aufgelöst, und ich erhielt die Kiefelerde vollkommen rein.

Diese Art zu verfahren gründet sich darauf, daß, wenn die Kiefelerde von der Salzsäure einmal abgeschieden worden, sie eine so starke Aggregation hat, daß sie einer neuen Einwirkung dieser Säure gänzlich widersteht, welches mit dem Eisen der Fall nicht ist.

*Versuch 5.* Da die salzsaure Auflösung Magnesia, Eisen, Nickel, Kalk, vielleicht auch Thonerde enthalten mußte, so verfuhr ich, um diese Körper von einander zu trennen, folgendermaßen. Wenn die Auflösungen der Magnesia einen hinlänglichen Ueberschuß an Säure enthalten, so werden sie durch Ammoniak nicht gefällt; die Kalkauflösungen zersetzt das Ammoniak nicht, auch wenn sie nicht überflüssig sauer sind; und der Nickel wird von dem Ammoniak, nachdem er gefällt worden, wieder aufgelöst. Dagegen schlägt Ammoniak immer das Eisen und die Thonerde nieder, in welchem Zustande sich auch ihre Auflösungen befinden mögen.

Diesem zu Folge fing ich damit an, meiner Flüssigkeit etwas Salzsäure zuzusetzen, goß dann Ammoniak in Uebermaafs hinzu, und schüttelte die Mengung einige Minuten lang. Auf diese Art erhielt ich das *Eisenoxyd im Maximum* und die *Thonerde*, welche in der Flüssigkeit enthalten seyn mochten. Diese filtrirte ich ab, und wusch dann das Präcipitat mit hinlänglich viel Wasser, um es von aller auflöslichen Materie, die es noch enthalten konnte, zu befreien. Die Farbe der durchfiltrirten Flüssigkeit war lichtblau, welches auf Gegenwart von Nickel deutete.

*Versuch 6.* Da der durch das Ammoniak gebildete *Niederschlag Thonerde* enthalten konnte, so liefs ich, als er noch naß und folglich sehr zertheilt war, eine Auflösung kauftisches Kali über ihn kochen, welche unter diesen Umständen die Thonerde auflöst. Ich verdünnte darauf die Mengung mit Wasser, filtrirte sie, und setzte eine Auflösung von salzsaurem Ammoniak hinzu. Es entstand in der That ein weißer flockiger Niederschlag, welcher alle Eigenschaften der Thonerde hatte. — Das *Eisenoxyd* wurde, nachdem ich es auf diese Art von Thonerde befreit hatte, gewaschen und getrocknet, und zeigte sich, als ich es untersuchte, ziemlich rein. Ich fand darin nichts, als kaum wahrnehmbare Spuren von Kalk und von Magnesia.

*Versuch 7.* Die durchfiltrirte Flüssigkeit aus Versuch 5. sollte nun noch Nickel, Kalk und Magnesia enthalten. Ich fing damit an, sie zu er-

hitzen, um das überschüssige Ammoniak zu verflüchtigen, und liefs dann einen Strom Schwefel-Wasserstoffgas hindurch steigen; indem dieses Gas sich mit dem Ammoniak verbindet, erhält es die Eigenschaft, den Nickel, aber nicht die Erden, zu fällen. So erhielt ich einen schwarzen, ziemlich voluminösen Niederschlag von Schwefel-Nickel, in welchem die Versuche, denen ich ihn unterwarf, nicht die geringsten Spuren von Kupfer verriethen; in Salpetersäure aufgelöst, gab er mit blausaurem Kali einen grünlich-gelben Niederschlag, und eine Eisenplatte, welche ich in die Flüssigkeit setzte, bedeckte sich nicht mit Kupfer.

*Versuch 8.* Ich prüfte nun die Flüssigkeit auf Kalk mit sauerkleesaurem Ammoniak. Dieses erzeugte bald in dem ganzen Umfange derselben eine Wolke, und als diese sich zu Boden gesetzt hatte, trübte ein neuer Zusatz von einigen Tropfen die Flüssigkeit nicht mehr. Ich gofs nun die Flüssigkeit mit Vorsicht ab, und wusch den Niederschlag mit lauem Wasser. Um mich zu überzeugen, dafs dieser Niederschlag nichts anderes als sauerkleesaurer Kalk sey, erhitzte ich ihn stark in einem Platintiegel, und erhielt so einen Körper, der mit Wasser behandelt sauer schmeckte, und dem Wasser alle Eigenschaften gab, welche Kalk demselben zu ertheilen pflegt.

*Versuch 9.* Um die *Magnesia* abzuscheiden, welche noch in der Flüssigkeit enthalten seyn mußte, verdichtete ich diese durch Abdampfen, und setzte dann kohlensaures Kali in solcher Menge zu, dafs

es nicht bloß das Tripelsalz zersetzte, dessen einer Bestandtheil die Magnesia war, sondern auch das von der Zersetzung der übrigen Salze herrührende salzsaure Ammoniak. Dann kochte ich die Mengung in einem Ballon so lange, bis aller Geruch nach Ammoniak aufhörte; denn ich hatte bemerkt, daß, so lange irgend eine Art von Ammoniakhaltigen Salzen in einer Flüssigkeit vorhanden ist, welche Magnesia enthält, diese letztere sich nie gänzlich zu Boden schlägt. — Die kohlensaure Magnesia, welche ich auf diese Art erhielt, wusch und calcinirte ich; sie wurde in der Hitze etwas grünlich, welches auf einen fremden ihr beigemengten Körper deutete. Die grünliche Farbe des Salzes, welches durch Zusatz von Schwefelsäure entstand, bewies, daß diese Farbe auf Gegenwart von etwas Nickel beruhte.

Dieses ist die Reihe von Operationen, welche anzustellen waren, um die Bestandtheile des untersuchten Aerolithen einen nach dem andern abzuscheiden und darzustellen. Diese Versuche sind zwar an sich nicht schwer anzustellen, erfordern aber doch Nachdenken, damit man die einzelnen Bestandtheile in der schicklichsten Ordnung trenne, die den Umständen angemessensten Reagentien nehme, und die zur Reinigung jedes der isolirten Körper nöthige Vorsicht anwende.

Ich muß indess gestehn, daß es in einer so zusammengesetzten Analyse schwer, wo nicht unmöglich ist, zu vermeiden, daß nicht jeder Bestandtheil etwas von denen zurückbehalte, mit welchen er in

dem zusammengesetzten Körper verbunden ist, besonders wenn man in der Analyse hauptsächlich dahin sieht, nichts zu verlieren. So z. B. finden sich manchmal in dem Eisen und in der Thonerde Spuren von Magnesia, wenn man nicht genug Säure zugesetzt hat, um das zur Sättigung des Magnesia-Salzes nöthige Ammoniak-Salz zu bilden. Wenn dieses der Fall seyn sollte, so muß man das Ganze in Schwefelsäure auflösen, bis zur Trockniß abdampfen, stark calciniren und auslaugen; wobei sich die Magnesia allein auflöset, da die schwefelsaure Magnesia sich nicht so leicht als das schwefelsaure Eisen im Maximo zersetzt. — Eben so fallen mit dem Eisen und der Thonerde Spuren von Nickel nieder, wenn man nicht genug Ammoniak genommen hat, um den Nickel ganz aufzulösen.

Folgendes sind die Bestandtheile des Aerolithen in 100 Theilen:

Kieselerde	38,4	Theile
Metallisches Eisen	25,8	—
Magnesia	13,6	—
Thonerde	3,6	—
Kalkerde	4,2	—
Chromium	1,5	—
Manganes	0,6	—
Nickel	6	—
Schwefel	5	—
	<hr/>	
	98,7	

Der Schwefel verräth sich durch das Schwefel-Wasserstoffgas und durch die Schwefelsäure, die beim Behandeln des Steins, jene mit Salzsäure, diese mit Salpetersäure, entstehen.



*Versuch 10.* Um die Wirkung kennen zu lernen, welche plötzliche Hitze auf den Aerolithen äussert, warf ich ein Stückchen des Steins in einen weisßglühenden Tiegel und erhielt es eine halbe Stunde lang in dieser Gluth. Der Stein zerbrach nicht, und stieß keinen merklichen Geruch aus; seine gräulich weisse Farbe fand sich aber, nicht blos an der Oberfläche, sondern auch im Innern, in schwarz verwandelt, und sein Gewicht um  $\frac{1}{3}$  vermehrt. Auch schien er noch härter geworden zu seyn, und besonders fand sich seine Cohäsion sehr vermehrt.

Schlägt man den Stein mit dem Hammer, so springen viele Funken umher, und die getroffene Stelle hat Metallglanz; auch beim Feilen kömmt dieser zum Vorschein. Dafs der Stein in der Hitze schwarz wird, beruht unstreitig auf einer anfangenden Oxydation des Eisens und vorzüglich des Manganes; und dafs er an Tenacität zunimmt, darauf, dafs die Eisentheilchen in genauere Verbindung treten, gleichsam als würden sie zusammengelöthet.

Die schwarze Ader, welche den Aerolithen durchsetzt, schien uns von dem Magneten stärker angezogen zu werden, und mehr Eisen zu enthalten, als die andere Masse; doch liefsen sich darüber bei der Unbedeutenheit derselben keine Versuche anstellen. Wahrscheinlich rührt sie daher, dafs der Stein, als er glühte, einen Rifs bekam, in welchen die atmosphärische Luft eindrang und das Eisen verbrannte, und dafs nachher die beiden Flächen des Risses wieder werden zusammengebacken seyn.

## V.

*Beschreibung und Analyse des Sodaliths, eines Grönländischen neuen Minerals;*

von

THOM. THOMSON, Mitgl. d. Edinb. Soc. \*)

Das Mineral, dem Herr Thomson den Namen *Sodalith* gegeben hat, ist ein Gemengtheil einer primitiven Gebirgsart, welche in Grönland vorkömmt, und aus grönländischem *Granat*, *Hornblende*, *Augit* (den man bis dahin fast nur allein in der Flötz-Trapp-Formation gefunden hatte) und zwei andern Steinarten besteht, welche die eigentliche Grundmasse ausmachen, und so große Aehnlichkeit mit gewöhnlichem blättrigen Feldspath von grünllicher Farbe haben, daß der Graf von Bournon sie anfangs dafür erklärte. Allein bei genauerer Untersuchung fand er, daß einige kleine Stücken, die er losgemacht hatte, vierseitige, mit 4 Flächen zugespitzte Prismen waren, deren Zuspitzungsflächen mit den Seitenflächen Winkel von  $110^{\circ}$  und von  $70^{\circ}$  machten, eine Gestalt, die der des *Salaits*\*\*) sehr nahe kömmt. Und mit diesem Salaït war eine zweite Substanz verbunden, von der einzelne

\*) Zusammengezogen aus den *Transact. of the Roy. Soc. of Edinb.* und dem *Journ. des mines* Aout 1811. von Gilbert.

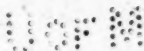
\*\*) Einer bloßen Abänderung des *Augit's*, nach den Herren Haüy und Hausmann. G.

losgemachte Stückchen die Gestalt eines regelmässi-  
gen rhomboidalischen Dodecaeders hatten.

Diese letztere Gestalt hatte auch ein grünliches  
Fossil von blättriger Structur aus Schweden, das der  
Graf von Bournon kurz zuvor untersucht, und  
dem der Dr. Wollaston, wegen des großen Gehalts  
an Natron, den Namen *Natrolith aus Schweden* ge-  
geben hatte. Ein unschicklicher Name, da dieses  
Mineral gänzlich von Klaproth's *Natrolith* ver-  
schieden ist, der sich im Högau unweit des Bodensee  
in Klüften und Höhlungen eines Klingsteinporphyrs  
findet, und dessen nadelförmige Krytalle, wie Graf  
Bournon bemerkt hat, vierseitige Prismen sind,  
deren Zuspitzungsflächen mit den Seitenflächen Win-  
kel von  $120^\circ$  und  $60^\circ$  machen. Die äußern Charak-  
tere dieses sogen. schwedischen Natroliths, der sich  
gleichfalls in Herrn Allan's Mineralien-Cabinet  
befand, stimmten auf das genaueste mit denen  
des *Fettsteins* Werner's überein, wie sie Herr  
Haüy in seinem *Tableau comparatif* und der  
Graf Borkowski in dem *Journal de Physique*  
Vol. 69. angegeben haben, nur dafs das specif. Ge-  
wicht des schwedischen Minerals 2,779 oder 2,790 ist,  
indess das des Fettsteins nur 2,6138 oder 2,563 seyn  
soll. Herr Thomson erklärt es daher für eine  
Varietät des Fettsteins \*).

G 2

\*) Dann müßte aber entweder Wollaston Kali für Na-  
tron, oder umgekehrt Klaproth Natron für Kali genom-  
men haben, eine selbst bei zerlegenden Chemikern von sol-  
chem Range sehr mögliche Sache, wenn sie auf diesen Punkt  
nicht eine besondere Aufmerksamkeit gewendet haben. G.



Folgendes sind die Resultate der Analysen: 1) des Grönländischen *Sodaliths* nach Hrn. Thomson's Zerlegung, deren Detail ich hier übergehe; und 2) nach Hrn. Ekeberg's Zerlegung. Mit ihnen stellt Hr. Thomson 3) die Analyse des *Fettsteins* nach Hrn. Vauquelin's Zerlegung zusammen. Ich habe ihnen die Analysen Klaproth's unter (4) dieses letztern Minerals, seines *Elaeoliths*, und unter (5) des *Natroliths* aus dem Hoegau beigefügt.

	1	2	3	(4)	(5)
Kieselerde	58,52	56	44	46,5	; 48
Thonerde	27,48	32	54	50,25	; 24,25
Kalk	2,7	—	0,12	0,75	; —
Eisenoxyd	1	0,25	4	1	; 1,75
Natron	23,5	25	—	—	16,5
(Kali u. Natron)	—	—	16,5	18	—
				(Kali)	
Salzsäure	3	6,75	—	—	—
Flüchtige Materie	2,1	—	—	2	; 9
				(Wasser)	
Verlust	1,7	—	1,38	1,5	—
	100	100	100	100	; 99,5

Der Grönländische Sodalith hat also, sagt Hr. Thomson, zwar das äußere Ansehn, aber nicht die Mischung des Fettsteins; auch nicht die Krystallgestalt desselben, wie Hr. Haüy sie angiebt. Da er von allen bekannten Mineralien das meiste mineralische Alkali enthält, so nannte Hr. Thomson ihn Sodalith.

*Aeusere Charaktere des Sodaliths.* Er findet sich als ein Gemengtheil uranfänglicher Gebirgsarten, die aus ihm, Salaüt, Augit, Hornblende und grönländischem Granat bestehen.

Er kömmt *derb* und *krySTALLISIRT* vor, in rhomboidalischen Dodecaedern, die manchmal zu sechsseitigen Prismen verlängert sind, welche sich mit dreiseitigen Pyramiden endigen.

Die *Farbe* ist grün, im Mittel zwischen Seladon- und Berg-Grün, und von verschiedner Intensität. Oft ist er innig mit Salaït gemengt, wodurch die Farbe modificirt werden muß.

Im *Aeußern* ist er schimmernd, im *Innern* glänzend, und hat nach einer Richtung Glasglanz, nach der andern einen Glanz wie Harz,

Er ist von blättrigem *Gefüge*, und hat wenigstens einen doppelten Durchgang der Blätter.

Im *Querbruch* ist er *muschlig*. Er *springt* in unbestimmte meist scharfkantige Stücke, und ist *durchscheinend*.

An *Härte* ist er dem Feldspath gleich, und nur schwer mit Eisen zu ritzen. Er ist *spröde* und *leicht* zu zer Sprengen.

Das *specifische Gewicht* ist bei 60° F. 2,378. Doch war das Stück nicht vollkommen rein, und konnte vielleicht etwas Salaït enthalten.

*Chemische Kennzeichen.* Bis zum Rothglühen erhitzt, verknistert er nicht, und verwittert nicht; das heißt, er zerfällt nicht zu Staub, sondern wird nur dunkelgrau und dem Schwedischen sogenannten Natrolith (dem Fettstein) sehr ähnlich. Sind ihm Theilchen Salaït beigemengt, so nimmt man diese dann wahr, indem sie undurchsichtig und weiß wie Kalk werden. Der Sodalit verliert

hierbei 2,1 Procent an Gewicht. Ihn in diesem Versuche vor dem Löthrohre zu schmelzen, ist Hr. Thomson nicht geglückt \*).

\*) Ich füge diesem die Charakteristik des *Elaeolith's* von Friedrichswärn in Norwegen bei, wie die HH. Karsten und Klaproth sie in dem Magaz. für d. Naturk. der Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin, Jahrg. 3. S. 43. gegeben haben: blafsbläulich und grünlich grau, mit lichtein Bräunlichroth gefleckt und gestreift; die äufsere Gestalt noch unbekannt; inwendig schwach labradorartig *schillernd* und *glänzend*, von einigem Fettglanze, wie trüber mit Oehl befeuchteter Quarz, (wonach Hr. Klaproth ihm den Namen *Elaeolith*, *Oehlstein*, nach Analogie des Pechsteins gegeben hat); im Bruche sehr dünnblättrig nach 2 Richtungen, übrigens klein- und unvollkommen-muschlig; *springt* trapezoidlich, kömmt undeutlich schaalig abgesondert vor, und ist an den Kanten *durchscheinend*; *hart*, sehr *spröde*; kalt, nicht sonderlich schwer. — Durchs *Glühen* wird die Farbe blos etwas trübe, und verliert der Stein 2 Procent an Gewicht; vor dem Löthrohre schmilzt er zu einem milchweissen Email.

Herr Professor Hausmann giebt *ebendaf.* S. 216. eine Beschreibung des Minerals, welches Werner's *Fettstein* ist. Es gehört gleich dem Skapolith und Wernerit, mit denen es nahe verwandt ist, dem Nordischen Uebergangsgebirge an, und zwar dem Uebergangs-Syenite. Wenn es krySTALLISIRT vorkömmt, findet es sich in grossen, aber nur selten vollkommen ausgebildeten rechtwinklichen vierseitigen, an den Kanten meist abgestumpften Prismen, die an den Enden durch vier auf den Seitenflächen aufgesetzten Flächen zugespitzt sind. Das Fossil ist gemeinlich nur an den Kanten durchscheinend, und etwas schielend; auf den reinen Bruchflächen fettartig, und wenig glänzend. Es ist von seladongrüner und blafs fleischrother Farbe. Es hat zum eigenthüml. Gewicht, in Wasser von 17° R. abgewogen, 2,661; ist hart und spröde, und schmelzt vor dem Löthrohr ruhig zum farbenlosen etwas blässigen Glase. *Gilbert.*

## VI.

*Bericht eines französischen Physikers über Herrn  
von Göthe's Werk: Zur Farbenlehre,  
2 Bde. Tübingen 1810. 8. \*)*

Herr von Göthe hat dieses Werk geschrieben, um es an die Stelle von Newton's Optik \*\*) zu setzen, welche er mit einer alten, noch niemals eingenommenen, doch unbewohnbar gewordenen Burg vergleicht, die an allen Seiten den Einsturz droht und nur noch von einigen Invaliden bewacht wird. Er theilt es in drei Theile. In dem ersten beschreibet er die vornehmsten Erscheinungen der Optik, und trägt seine Theorie der Farben vor; in dem zweiten sucht er die Ungeheimtheit der Newton'schen Theorie zu beweisen; in dem dritten giebt er eine Geschichte der Optik, vorzüglich in Beziehung auf die Farben.

Ehe ich das Werk genauer untersuche, will ich mit wenig Worten die Meinung des Verfassers, und worin sie von der Newton's abweicht, angeben.

\*) Wer der Verfasser dieses anonymen Berichts sey, den ich aus den *Annal. de Chimie* No. 1811. hierher übertrage, kann einem aufmerkamen Leser der Annalen nicht unbekannt seyn. Er ist einer der wenigen französischen Physiker, die deutsch mit Fertigkeit lesen. Die Aeußerungen des Eindrucks, welchen der Versuch des großen Dichters im wissenschaftlichen Felde der Optik auf ihn gemacht hat, schienen mir für deutsche Leser interessant zu seyn, zumahl da die eignen Entdeckungen des Verfassers dieses Berichts in der Lehre vom Lichte beweisen, daß er nicht zu denen gehört, welche mit tragem Geiste an der alten Lehre hängen.  
Gilbert.

\*\*) Sie hat bekanntlich die Farben zu ihrem Gegenstande. G.

Hr. von Göthe erinnert, „er habe die Farbenlehre durchaus von der Mathematik entfernt zu halten gesucht, ob sich gleich gewisse Punkte deutlich genug ergeben, wo die Messkunst wünschenswerth seyn würde. Die vorurtheilsfreyen Mathematiker, mit denen er umzugehn das Glück hatte und hat, waren durch andere Geschäfte abgehalten worden, mit ihm gemeine Sache zu machen; aber auch dieser Mangel möge zum Vortheil gereichen, indem es nunmehr des geistreichen Mathematikers Geschäft werden könne, selbst aufzusuchen, worin die Farbenlehre seiner Hülfe bedürfe, und wie er zur Vollendung derselben das Seinige beitragen könne.“ Und doch verdammt Hr. von Göthe den mathematischen Theil von Newton's Optik, ob er sich gleich mit diesem Gegenstande nicht selbst hat beschäftigen können.

Ueber den wesentlichen Unterschied seiner Theorie von der, welche die Newton'sche Schule angenommen hat, erklärt er sich wie folgt: „Newton, sagt er, behauptet, daß überall in dem weissen farbenlosen Lichte, und besonders in dem Sonnenlichte, mehrere farbige verschiedene Lichter wirklich enthalten sind, deren Zusammensetzung das weisse Licht hervorbringe. Damit aber diese Lichter zum Vorschein kommen, müsse man das weisse Licht unter besondere Umstände versetzen, müsse ein durchsichtiger Körper es brechen, oder ein undurchsichtiger es zurückwerfen, oder irgend ein Körper es beugen. Und diese Bedingungen sind ihm nicht einmal genug. Er giebt den brechenden Mitteln allerlei Farben, richtet den Raum, in dem er operirt, auf mannigfaltige Weise ein, beschränkt das Licht durch kleine Oeffnungen, durch winzige Spalten, und bringt es auf hunderterlei Art in die Enge. Dabei behauptet er, daß alle diese Bedingungen keinen andern Einfluß haben, als die Eigenschaften, die Fähigkeiten (*sits*) des Lichtes rege zu machen und an den Tag zu legen. Jene farbigen Lichter sind ihm die integrirenden Theile seines weissen Lichtes. Es komme durch alle jene Operationen nichts zu dem Lichte hinzu, es werde ihm auch nichts entzogen, sondern bloß seine Fähigkeiten, sein Inhalt offenbart.



Zeigt es nun bei der Refraction verschiedene Farben, so ist es divers refrangibel. Auch bei der Reflexion zeigt es Farben, deswegen ist es divers reflexibel u. s. f. Jede neue Erscheinung deutet auf eine neue Fähigkeit des Lichtes, sich aufzuschließen, seinen Inhalt herzugeben.“

Die Lehre, von der Hr. von Göthe überzeugt ist, und die der Newton'schen entgegensteht, „beschäftigt sich, wie er sagt, ebenfalls mit dem weißen Lichte, und bedient sich auch äußerer Bedingungen, um farbige Erscheinungen hervorzubringen, gesteht ihnen aber Werth und Würde zu. Sie bildet sich nicht ein, Farben aus dem Lichte zu entwickeln, sie sucht uns vielmehr zu überzeugen, daß die Farbe zugleich von dem Lichte und von dem, was sich ihm entgegenstellt, hervorgebracht werde. Also, um nur des Refractionsfalls hier zu gedenken, mit dem sich Newton in der Optik vorzüglich beschäftigt, so ist es keineswegs die Brechung, welche die Farben aus dem Lichte hervorlockt, vielmehr bleibt eine zweite Bedingung unerläßlich: *daß die Brechung auf ein Bild wirke, und solches von der Stelle wegrücke.* Ein Bild entsteht nur durch Gränzen; diese Gränzen übersteht Newton ganz, ja er läugnet ihren Einfluß. Wir aber schreiben dem Bilde sowohl als seiner Umgebung, der hellen Mitte sowohl als der dunkeln Gränze, der Thätigkeit sowohl als der Schranke, in diesem Fall vollkommen gleiche Wirkung zu. Alle Versuche stimmen uns bei, und je mehr wir sie vermannigfaltigen, desto mehr wird ausgesprochen, was wir behaupten, desto planer, desto klarer wird die Sache. Wir gehn von Einfachen aus, indem wir einen sich wechselseitig entprechenden Gegensatz zugestehn, und durch Verbindung desselben die farbige Welt hervorbringen. — Wie nun Newton zu Werke geht, um das Unwahre wahr, das Wahre unwahr zu machen, das ist jetzt unser Geschäft zu zeigen.“ — —

Der *erste Theil* des Werks des Hrn. von Göthe enthält eine Beschreibung der Phänomene und die Auseinandersetzung seiner Theorie.

Er fängt im *ersten Abschnitte* mit den zufälligen Farben an, untersucht den Eindruck, den der Contrast von Licht und Finsterniß auf die Netzhaut macht, und beschreibt die Senfation, welche entsteht, wenn man starr in einen sehr glänzenden Gegenstand gefehn hat und nun die Augen schließt, oder auf einen dunkeln Gegenstand wendet. Er geht dann zu der Wirkung gefärbter Bilder über, und ihre Eigenschaft, die Senfation der ergänzenden Farben zu erregen; so z. B. soll ein weißes Papier, auf einer gelben Mauer gefehn, einen violetten Teint annehmen. Auch beschreibt er die gefärbten Schatten und die Höfe, welche man um leuchtende Punkte oder stark erleuchtete Gegenstände wahrnimmt. Alle diese Erscheinungen waren schon bekannt, und die Versuche, welche sich auf sie beziehen, schon in andern Werken beschrieben. Der Verfasser beschließt diese Abtheilung mit einer Discussion über die pathologischen Farben, die gewissen Krankheiten oder einer besondern Beschaffenheit des Organs eigen sind.

Die *zweite Abtheilung* hat es mit den physischen Farben zu thun, und in ihr vorzüglich entwickelt Hr. von Göthe seine Theorie. „Physische Farben, sagt er, nennen wir diejenigen, zu deren Hervorbringung gewisse materielle Mittel nöthig sind, welche aber selbst keine Farbe haben, und theils durchsichtig, theils trübe und durchscheinend, theils völlig undurchsichtig seyn können. Dergleichen Farben werden also in unserm Auge durch solche äußere bestimmte Anlässe erzeugt, oder, wenn sie schon auf irgend eine Weise erzeugt sind, in unser Auge zurückgeworfen. — Das Licht kann auf dreierlei Weise unter diesen Umständen bedingt werden. Erstlich, wenn es von der Oberfläche eines Mittels zurückstrahlt, da denn die *katoptrischen* Versuche zur Sprache kommen. Zweitens, wenn es an dem Rande eines Mittels herstrahlt; die dabei eintretenden Erscheinungen nennen wir *paroptische*. Drittens, wenn es durch einen durchscheinenden oder durchsichtigen Körper durchgeht, welches die *dioptrischen* Versuche sind.“

„Man nennt dioptrische Farben diejenigen, zu deren Entstehung ein farbenloses Mittel gefordert wird, dergestalt, daß Licht und Finsterniß hindurch wirken, entweder aufs Auge, oder auf entgegenstehende Flächen.“ Der Verfasser untersucht zuerst die Farbe der Flammen, dann die der Atmosphäre, die des Meers und die verschiednen gefärbten Flüssigkeiten. Dann kommt er zu seiner *Theorie der Refraction*, welches einer der Hauptgegenstände des Werks ist, weil er hier seine eigenthümlichen Meinungen entwickelt: „Wenn man, sagt er, durchs Prisma einen rein grauen oder blauen Himmel, eine rein weiße oder farbige Wand betrachtet, so wird der Theil der Fläche, den wir eben ins Auge gefaßt haben, völlig von seiner Stelle gerückt seyn, ohne daß wir deshalb die mindeste Farbenerscheinung darauf bemerken. Wir bemerken eine farbige Erscheinung nur an den Rändern, da wo sich eine solche Fläche gegen einen helleren oder dunkleren Gegenstand abschneidet. Durch Verbindung von Rand und Fläche entstehen Bilder. Wir sprechen daher die Haupterfahrung dergestalt aus: *es müssen Bilder verrückt werden, wenn eine Farbenerscheinung sich zeigen soll.* Wir nehmen das einfachste Bild, ein helles Rund auf dunklem Grunde. An diesem findet eine Verrückung Statt, wenn wir seine Ränder von dem Mittelpunkte aus scheinbar nach Außen dehnen, indem wir es vergrößern. Dieses geschieht durch jedes convexe Glas, und wir erblicken in diesem Fall einen blauen Rand. Wenn wir mittelst eines Hohlglases den Umkreis des Bildes nach dem Mittelpunkte zu scheinbar hinein bewegen, indem wir das Rund zusammenziehn, erscheinen die Ränder gelb. Damit man diesen Versuch mit einem convexen Glase machen könne, bringe man in das helle Rund auf schwarzem Grunde eine kleine schwarze Scheibe. Denn vergrößert man durch das convexe Glas die schwarze Scheibe auf weißem Grund, so geschieht dieselbe Operation, als wenn ein weißes Rund verkleinert wird; denn wir führen den schwarzen Rand nach dem weißen zu, und erblicken also den gelblichen Farbenrand zu-

gleich mit dem blauen. Diese beiden Erscheinungen, die blaue und die gelbe, zeigen sich an und über dem Weissen. Sie nehmen, in sofern sie über das Schwarze reichen, einen röthlichen Schein an. Und hiermit sind die Grundphänomene aller Farbenerscheinung bei Gelegenheit der Refraction ausgesprochen, welche denn freilich auf mancherlei Weise wiederholt, variirt, erhöht, verringert, verbunden, verwickelt, verwirrt, zuletzt aber immer wieder auf ihre ursprüngliche Einfachheit zurückgeführt werden können.“

„Untersuchen wir nun die Operationen, welche wir vorgenommen haben, so finden wir, daß wir in dem einen Falle den hellen Rand gegen die dunkle, in dem andern den dunkeln Rand gegen die helle Fläche scheinbar geführt, eines durch das andere verdrängt, eines über das andere weggeschoben haben. Rückt man durch ein Prisma die helle Scheibe im Ganzen von ihrer Stelle, so wird sie in der Richtung gefärbt, in der sie scheinbar bewegt wird, und zwar nach jenen Gesetzen, der obere Rand blau und blau-roth, der untere gelb und gelbroth. In ersten Falle wird das helle Bild in den dunkeln Rand hinüber, in dem andern der dunkle Rand über das helle Bild gleichsam hineingeführt. Man bringe zwei Prismen, ein horizontales und ein senkrechtes, übereinander, so erscheint die Scheibe, nach einem allgemeinen Naturgesetze, in der Diagonale verrückt und gefärbt. — Hier bestätigt sich also jener Ausspruch: *ein Bild müsse dergestalt verrückt werden, daß seine helle Gränze über die dunkle, die dunkle Gränze aber über die helle, das Bild über seine Begränzung, die Begränzung über das Bild scheinbar hingeführt werde.*“

In dieser Erklärung besteht die ganze Theorie des Verfassers. An sie knüpft er alle Phänomene, und mit ihr vergleicht er immerfort die Theorie Newtons, um darzuthun, daß es dieser an Klarheit, Präcision und Genauigkeit fehle.

Eine Schwierigkeit bei der neuen Theorie besteht darin, daß wenn an der einen Seite das helle Bild über das dunkle, und an der andern Seite das

dunkle Bild über das helle hingeführt wäre, nothwendig daraus folgen würde, daß das helle Bild mehr, und zu gleicher Zeit weniger als das dunkle gebrochen werde. Diese Schwierigkeit, die bloß eine mathematische sey, überläßt Hr. von Göthe den Mathematikern aufzulösen, welche sich mit dem analytischen Theile seiner Theorie beschäftigen werden.

Folgende Gründe für seine Theorie der Farben fügt der Verfasser bei einem nochmaligen Ueberblick hinzu: „Man erinnere sich, sagt er, daß ein helles Bild auf einem dunklen Grunde, und ein dunkles Bild auf hellem Grund, schon in Absicht auf unsere Netzhaut, in einer Art von Conflict stehe. Das Helle erscheint in diesem Fall größer, das Dunkle kleiner. Bei genauerer Beobachtung dieses Phänomens laßt sich bemerken, daß die Bilder nicht scharf vom Grunde abgeschnitten, sondern mit einer Art grauem, einigermaßen gefärbtem Rande, mit einem Nebenbilde, erscheinen. Bringen nun Bilder schon in dem nackten Auge solche Wirkungen hervor, was wird erst geschehen, wenn ein dichtes Mittel dazwischen tritt. Nicht das allein, was uns im höchsten Sinne lebendig erscheint, übt Wirkungen aus und erleidet sie; sondern auch alles, was nur irgend einen Bezug auf einander hat, ist wirksam auf einander und zwar oft in sehr hohem Maasse. Es entsteht also, wenn die Refraction auf ein Bild wirkt, an dem Hauptbilde ein Nebenbild, und zwar scheint es, daß das wahre Bild einigermaßen zurückbleibe und sich dem Verrücken gleichsam widersetze, ein Nebenbild aber vorausseile, in der Richtung, in welcher das Bild durch Refraction über sich selbst und über den Grund hin bewegt wird.“

Nachdem der Verf. diese Erklärung der Refraction gegeben hat, entwickelt er die Umstände bei der Verrückung eines grauen und eines farbigen Bildes, und beschreibt die chromatischen und hyperchromatischen Phänomene; dann kömmt er zu den direkten Versuchen mit Sonnenstrahlen, und vervollständigt nach ihnen seine Theorie. Hier macht die Behauptung den Anfang, daß ein Sonnenstrahl bei der Brechung ein farbenloses Bild gebe, man müsse aber dazu die Tafel

dem Prisma nahe stellen, und bloß auf die Mitte des Bildes sehen. An den Gränzen des Bildes nimmt man gefärbte Ränder wahr, denn die Sonne wirkt hier, indem sie scheint und strahlt, als ein Bild, und es ereignet sich dasselbe, als in den vorigen Versuchen: ein heller Rand wird gegen eine dunkle Fläche, eine dunkle Fläche gegen eine helle Gränze geführt, und es müssen bei diesen Versuchen, wie bei den vorigen, die Gränzen einen Weg machen, und sich gleichsam über einander drängen.“ Und diese Erklärungen sollten unendlich viel heller und präciser als die seyn, welche Newton gegeben hat, der dem Gange der Strahlen Schritt für Schritt folgte, und die Erscheinungen der Brechung vollständig analysirte?

Noch beschreibt der Verf. die Umstände, auf welche eine Vergrößerung oder Verkleinerung in der Ausdehnung des Farbenbildes beruhen. Der übrige Theil dieses Kapitels beschäftigt sich mit den katoptrischen Farben, welche die Reflexion des Lichtes begleiten, den paroptischen Farben, welche auf Inflexion beruhen, und den epoptischen Farben, wie er diejenigen nennt, welche mit den Erscheinungen der farbigen Ringe in Zusammenhang stehen.

In der *dritten Abtheilung* handelt Hr. v. Göthe von den chemischen Farben, wie er diejenigen nennt, die sich aus gewissen Körpern ausziehen, oder an Körpern fixiren lassen. Und hier fängt er an die Farben an positive und negative Wirkungen, an die Säuren und die Alkalien zu binden. Er erklärt sich über diese Bestimmung des Lichts nach zwei Polen folgendermaßen: „Entstehen der Farben und *sich entscheiden* ist eins. Wenn das Licht mit einer allgemeinen Gültigkeit sich und die Gegenstände darstellt. und uns von einer bedeutungslosen Gegenwart gewiß macht, so zeigt sich die *Farbe* jederzeit specifisch, charakteristisch, bedeutend. Im Allgemeinen betrachtet, entscheidet sie sich nach zwei Seiten. Sie stellt einen Gegensatz dar, den wir *Polarität* nennen und durch + und — recht gut bezeichnen können. An der *positiven* Seite hat man das Gelb, die Wirkung, das Licht, das Hell, die Kraft, die Wärme, die Nähe, das Ab-

stossen, die Verwandtschaft mit den Säuren; an der *negativen* Seite das Blau, die Beraubung, den Schatten, das Dunkel, die Schwäche, die Kälte, die Ferne, das Anziehen, die Verwandtschaft mit Alkalien. Wenn man diesen specifischen Gegensatz in sich vermischt, so heben sich die beiderseitigen Eigenschaften nicht auf; sind sie aber auf den Punkt des Gleichgewichts gebracht, daß man keine der beiden besonders erkennt, so erhält die Mischung wieder etwas Specifisches fürs Auge; sie erscheint als eine Einheit, bei der wir an die Zusammensetzung nicht denken. Diese Einheit nennen wir Grün.“

Ich folge dem Verfasser nicht in seinen Bemerkungen über das Wesen der Farben, und über ihr Verhältniß zur Philosophie, zur Mathematik, zu den Künsten, zur Physiologie, der Pathologie, der Naturgeschichte, der allgemeinen Physik, und der Akustik. Noch weniger lasse ich mich auf das ein, was er von der sinnlichen Wirkung der Farbe sagt. In diesen *Abtheilungen* (der *vierten*, *fünften* und *sechsten*) sind Thatfachen und metaphysisches Raisonnement so mit einander verflochten, daß eine Analyse derselben unmöglich ist.

Dieser erste Theil des Werks enthält, wenn man von der Metaphysik und von den unbestimmten Erklärungen absieht, eine ziemlich vollständige Beschreibung der vornehmsten Phänomene, die Farben betreffend. Man sieht, daß der Verfasser die Versuche gekappt und sie wiederholt hat; sieht aber auch zugleich, daß keine einzige Erscheinung von ihm gemessen worden ist, und daher rührt das Unbestimmte, welches in seiner Theorie herrscht.

Den *zweiten Theil des Werks* hat Hr. von Göthe der Kritik der Optik Newtons bestimmt. Die genaue und einfache Art, wie Newton seine Versuche und seine Schlüsse darstellt, steht in einem auffallenden Contraste mit dem emphatischen, vagen und ironischen Tone, mit dem der Verfasser die bekanntesten Thatfachen und die evidentesten Folgerungen läugnet.

Zu Newton's erster Proposition: Lichter, welche an Farbe verschieden sind, sind auch in der Brech-

barkeit verschieden, — bemerkt Hr. v. Göthe: „in den ersten Worten dieser Proposition ist schon die ganze Lehre, wie in einer Nuss, vorhanden, und tritt zugleich jene captiöse Methode völlig ein, wodurch uns Newton das ganze Buch hindurch zum Besten hat.“ *Lichter!* „mehrere? und was denn für welche?“ *welche an Farbe verschieden sind.* „In dem ersten und zweiten Versuche, welche zum Beweise dienen sollen, führt man uns farbige Papiere vor, und die Wirkungen, die von dorthier in unser Auge kommen, werden gleich als Lichter behandelt. Offenbar ein hypothetischer Ausdruck, denn der gemeine Sinn beobachtet nur, daß uns das Licht mit verschiednen Eigenschaften der Oberflächen bekannt macht. Daß aber dasjenige, was von diesen zurückstrahlt, als ein verschiedenartiges Licht angesehen werden könne, darf nicht vorausgesetzt werden;“ — *sind auch in der Brechbarkeit,* „wie springt doch auf einmal dieses abstracte Wort hervor? Freilich steht es schon in den Axiomen, und der aufmerksam gläubige Schüler ist bereits von diesen Wundern durchdrungen, und hat nicht mehr die Freyheit, dasjenige, was ihm vorgeführt wird, mit einigem Mißtrauen zu untersuchen;“ — *verschieden.* „Die Refrangibilität macht uns also mit einem großen Geheimnisse bekannt: das Licht, jenes Wesen, das wir nur als eine Einheit, als einfach wirkend, gewahr werden, wird uns nun als ein Zusammengesetztes, aus verschiedenartigen Theilen Bestehendes, auf eine verschiedene Weise Wirkendes dargestellt.“

Newton beweist seine Aussage durch Versuche. Der Verfasser erklärt aber, daß, so ungern er auch gleich von Anfang den Leser durch irgend eine Paradoxie scheu machen möchte, er doch nicht umhin könne, zu behaupten, „daß sich durch Erfahrungen und Versuche eigentlich nichts beweisen lasse.“ In Newton's erstem Versuche werden zwei auf schwarzem Grunde neben einander liegende Vierecke, ein rothes und ein blaues, durch ein Prisma besehen, das mit zwei in grader Linie liegenden Seiten derselben parallel gehalten wird; das blaue scheint höher heraufgerückt zu seyn, als das rothe, woraus Newton schließt, „das



Licht, welches von dem blauen Papiere herkömmt, leide eine grössere Brechung, als das, welches von dem rothen Papiere ausgeht. „Dies ist nun, sagt Hr. von G ö t h e, der Grund- und Eckstein des New t o n'schen optischen Werks. Wir haben schon bemerkt, wie captiös und taschenspielerisch dieser Versuch angegeben worden. — Nimmt man Hellblau, so wird man die Täuschung leicht gewahr.“ Es giebt einen röthlichen Rand, und ist keine homogene Farbe, wie das Dunkelblau, welches New t o n zu nehmen räth, und das zu diesem Versuche nothwendig ist. „Wenn die New t o nianer sich dahinter verschanzen, sagt der Verfasser, daß die Lichter nie vollkommen homogen sind, und immer in gewissem Grade mit der Erbsünde ihrer Mutter, des Lichts, befleckt sind, so überlasse ich willig die Schule ihrem würdigen Cofacken Hetman; denn in dem ganzen Werke habe ich hinlänglich dargethan, daß er diesen Titel verdient.“

In dem dritten Versuche läßt New t o n einen Sonnenstrahl durch ein Prisma gehen, und bemerkt, die Länge des Spectrums verändere sich nicht merklich, der Strahl möge an der dicksten oder an der dünnsten Stelle des Prisma hindurch gehn. „Das ist völlig unwahr, sagt der Verfasser, denn gerade die GröÙe des Winkels des Prisma macht vorzüglich die Ausdehnung des Bildes gegen dessen Breite verschieden.“ Er verwechselt hier die Dicke des Prisma mit der GröÙe des brechenden Winkels; nach solchen Fehlgriffen verwundert man sich nicht mehr über den Widerwillen, den er gegen den mathematischen Theil von New t o n's Werk äußert.

In dem fünften Versuche zeigt New t o n, daß wenn ein Sonnenstrahl in einem horizontalen Prisma gebrochen und das Spectrum auf ein senkrechtes Prisma geworfen wird, ein nach der Diagonale geneigtes Spectrum entsteht, und schließt daraus, daß in der zweiten Brechung jeder Strahl sich eben so als in der ersten verhalte; das heißt, daß z. B. der blaue Strahl wieder stärker als der rothe gebrochen werde, und so ferner. „Auch diesen Versuch, sagt Hr. v. G ö t h e, betrachtet

Newton durch den Nebel des Vorurtheils, Er weiß nicht recht, was er sieht, noch was aus dem Versuche folgt. Das gebückte Bild, welches er wahrnimmt, ist keineswegs das aufgefangene erste, das nach der zweiten Refraction einen Reverenz macht, sondern ein ganz neues, das nunmehr in der ihm zugenöthigten Richtung gefärbt wird.“

Newton findet, indem er den Gang der Strahlen verfolgt, daß das Blau des ersten Farbenbildes den blauen Strahl des zweiten Spectrums bildet. Dieses will der Verfasser schlechterdings läugnen, weil diese Beobachtung eine Art von Analyse erfordert. In dem ganzen Werk: zur Farbenlehre, ist auch nicht ein einziger Versuch gemessen oder analysirt; der Verfasser verschauzt sich immer hinter unbestimmte Ideen, und entzieht sich so den bestimmten Folgerungen, zu denen er genöthigt seyn würde, hätte er die Erscheinungen gemessen \*).

Ich folge ihm in seiner Kritik von Newton's Farbenlehre nicht weiter. Er beschuldigt Newton bald sich zu irren, bald wirft er ihm bösen Willen vor, mit dem er die Leichtgläubigkeit seiner Leser zum Besten habe, indem er die Hauptumstände bei den Erscheinungen verheimliche; dann schüttet er wieder seinen ganzen Haß und alle Galle der Ironie über die Anhänger Newton's aus. Sein ganzes Raisonnement geht im Allgemeinen auf Folgendes hinaus: Newton hat eine Erklärung der Erscheinungen der Brechung gegeben; ich gebe eine sehr viel einfachere, indem ich sage, daß ein Bild über das andere hingleitet. Es ist genug, gemeinen Menschenverstand zu haben, um zwischen uns nicht zu schwanken, und ich bin überzeugt, daß kein vernünftiger Mensch Newton's Meinung seyn kann. — Der Verfasser begnügt sich nicht seine Meinungen aneinander zu setzen, er verweist seine Widersacher in das Narrenhaus oder in die Küche der Hexen. Er behandelt die Newtonianer als Cosacken, und ihre Mei-

\*) *L'auteur se retranche toujours dans un vague d'idées au milieu duquel il élude les conséquences positives qu'il serait forcé de déduire de la mesure des phénomènes.*

nungen als unglaubliche Thorheiten. Er verwundert sich, daß es in dem menschlichen Gehirn Organe gebe, welche fähig sind, dergleichen Ideen zu fassen, und er wünscht, der Dr. Gall möge den Hirnschädel eines wahren Newtonianers untersuchen, damit dieses Problem aufgelöst werde.

Man ist erstaunt Argumente dieser Art in einem physikalischen Werke zu finden; doch nur gar zu häufig wird man gewahr, daß der Verfasser nicht in der Gemüthsstimmung war, welche dem unbefangenen Wahrheitsforscher zukömmt. Auch wird er, ungeachtet seiner ausnehmenden Intoleranz, nur wenige Profelyten machen. Da er alle Meinungen, welche Newton in seiner Optik vorträgt, ohne Unterschied verdammt, so wird man nicht aus seinem Werke die Irrthümer kennen zu lernen unternehmen, in welche Newton gerathen seyn kann \*).

\*) Von dem zweiten Theile des Werks sagt dieser kritische Bericht nichts. Er enthält Materialien zur Geschichte der Farbenlehre, und es fehlt darin zu Rügen ähnlicher Art nicht an Stoff. Daß wir indess, wie es von dem geistreichen Dichter zu erwarten war, für die Wärme, von der er sich hinreißen läßt, — und die zwar im Reiche der Phantasio das Ergreifende, nicht aber, was wir in der Wissenschaft suchen, Ueberzeugung hervorbringt, — bei allem Unhaltbaren seiner wissenschaftlichen Ansicht, doch durch Manches entschädigt werden; diese Ueberzeugung war bei mir so lebhaft, daß das Werk, seines theuren Preises ungeachtet, unter meinen Büchern nicht fehlt.

Gilbert.

## VII.

*Herabfallen dreier Meteorsteine am 8. Juli 1811,  
unweit Burgos in Alt-Kastilien \*).*

Nach einem Berichte des französischen Divisions-Generals Dorsenne, aus dem Hauptquartiere Burgos, an das französische Institut, hörte man bei dem spanischen Dorfe *Berlanguillas*, an der Straße von *Aranda* nach *Roa* \*\*), am 8. Juli 1811, um 8 Uhr Abends, beim heitersten Himmel, eine starke Explosion, wie einen starken Kanonenschuß; drei andere folgten; dann eine vierte, die einem Heckfeuer der Infanterie glich. Einige Bauern auf dem Felde hörten dieses Getöse mit Schrecken; es piff an ihrem Ohr wie Kugeln vorbei; im aufwirbelnden Sande des Bodens sahen sie etwas fallen. Sie suchten nach; es war ein glühend heißer Stein. Zwei oder drei andere waren noch 60 Schritt in der Runde umher gefallen. Die Commandanten des 7. Stundens entfernten *Aranda* und des Forts *Cachabon* hatten ebenfalls die 3 Kanonenschläge, das Musketenfeuer, und besonders das Kugelpfeifen gehört, und nach allen Seiten Patrouillen ausgeschickt, ohne einen Feind zu finden. Auf den Anhöhen war müßiges Volk zusammen gelaufen, in der Meinung, bald das Schauspiel eines Treffens zu sehen. Als die Patrouillen nach *Berlanguillas* kamen, erfuhren sie die Ursache des Getöses, und der Alcalde gab ihnen zwei von den aus der Luft gefallenen Steinen.

\*) Aus den öffentlichen Blättern, Januar 1812.

\*\*) Beide Flecken liegen an dem Duero im Districte von Burgos. G.

# Ankündigung

von

Hrn. Prof. Gilbert's Annalen der Physik

J a h r g a n g 1812.

---

Die *Annalen der Physik und der physikalischen Chemie* des Hrn. Prof. Gilbert werden auch in dem gegenwärtigen Jahre monatsweise regelmässig, wie in den verfloßenen dreizehn Jahren, erscheinen. Neue Entdeckungen über Muskelthätigkeit von Erman und Wollaston, über Polarisirung des Lichts und der Farben von Malus und Arago, und über die Gesetze der Verbindungen des Wassers mit andern Körpern und der Bildung von salpetersauren und salpetrigsauren Salzen, Basischen und Doppel-Salzen, von Berzelius, welche für den neuen Jahrgang schon unter der Presse sind, mögen Bürge seyn, daß diese Annalen sich in ihrem Werthe erhalten werden. Hier eine Andeutung des Wichtigsten, was der eben vollendete Jahrgang gebracht hat.

Der Verfolg der großen Arbeiten des unermüdlichen Forschers Davy in London, über die Metalle der Alkalien und der Erden (Heft 1., 2.), Arbeiten, über die er selbst in H. 8. Notizen mittheilt; — und Davy's drei neueste Abhandlungen, welche sich mit seiner *Chlorine* und *Euchlorine* beschäftigen (H. 9.), d. h. mit dem chemisch-einfachen Wesen, das man bisher oxygenirt-salzaures-Gas genannt hat, und das mit dem Sauerstoff in einer Classe stehend, im Vereinigen mit den verbrennlichen Körpern Verbrennung, Säuren, Oxyde und Salze, und mit dem Wasserstoff Salzsäure bildet, und dessen Verbindung mit Sauerstoff (die sogen. überoxygenirte Salzsäure) für sich als ein leicht detonirendes Gas darzustellen, Davy'n zuerst geglückt ist. Die Annalen enthalten *sämmtliche* hierher gehörige Arbeiten Davy's, alle nach Gilbert's freyer Uebersetzung. — Gilbert's historisch-kritische Untersuchung über die festen Mischungs-Verhältnisse in den chemischen Verbindungen, und über die Gesetze, welche man in ihnen in den neuesten Zeiten entdeckt hat (H. 12.), eine kritische Einleitung in die stöchiometrischen Anschau-

ten und Gesetze, welche der sel. Richter, zuerst zur Sprache gebracht hat, und Hr. Berzelius in Stockholm mit rastlosem Eifer verfolgt. — Berzelius's Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur mit einander verbunden sind, eine vermehrte und verbesserte Ausgabe (H. 3., 4.) und die Erste Fortsetzung dieses Versuchs, ein Originalaufsatz (H. 6.); für Chemie und Physik von der höchsten Wichtigkeit. — Gay-Lussac über die Abhängigkeit der Säure-Capacität der Metalle von ihrer Oxydation (H. 7.); Vauquelin von der Menge von Schwefel, welche die Metalle verschlucken (H. 12.); Stromeyer's Darstellung des Silicium-Eisens (H. 3., 7.) und Analyse von Schaub's Konit; Hausmann's, D'Aubuisson's und Berthier's chemisch-mineralogische Untersuchungen über das Eisenoxyd-Hydrat und dessen Verbindungen (H. 5.), aus denen wir die wahre Natur des Brauneiseneisens, Thoneiseneisens, Raseiseneisens und Eisenoehers kennen gelernt haben; und Berzelius Urtheile über diese und über Davy's Forschungen (H. 6.). — Die interessanten Untersuchungen, welche eine dazu ernannte k. k. Commission über den Zugo bei Klein-Saros in Siebenbürgen, und über dessen ewigem Feuer angestellt hat (H. 1.). — Des unglücklichen Optikus Goldschmidt Tod durch Knallsilber und Howard's Versuche über die explodirende Kraft des Knall-Quecksilbers (Heft 1.). — Henry's vergleichende Versuche über das englische und ausländische Kochsalz (H. 2.). — Gay-Lussac's und Thenard's zerlegende Versuche der vegetabilischen und der thierischen Körper (H. 4.) und Berzelius's Resultate seiner Versuche über die Bildung der organischen Körper (Heft 4.).

Die vielversprechenden Entdeckungen des Hrn. Malus über die Polarisirung der Lichtstrahlen (H. 1, 7.). — Wollaston's Versuche üb. gewisse chemische Wirkungen des Lichtes (H. 11.), aus denen erhellt, daß Ritter's desoxydirende Sonnenstrahlen eher für oxygenirende zu nehmen sind; und Wollaston's Reflexions-Goniometer (H. 4.), für Krytallographen ein wichtiges Geschenk. — Thomas Young's im Detail durchgeführte Theorie des Lichts und der Farben nach dem Systeme der wellenförmigen Schwingungen (H. 10.); dessen Aufstellung eines allgemeinen Gesetzes der Vermischung des Lichts und daraus entspringender noch unbeobachteter Farben (H. 10., 11.),

und dessen Verfahren, die Farben dünner Platten durch das Sonnen-Mikroskop Vielen sichtbar darzustellen (H. 11.) — Biot's Bericht über das nach Wamph geglättete Verfahren des Hrn. d'Artigues in Frankreich, Flintglas zum optischen Gebrauch zu verfertigen, und über die den Dollond'schen gleich kommenden achromatischen Fernröhre größter Art, welche der Opticus Cauchoix aus diesem Flintglase verfertigt (H. 4.); und Benzenberg's Schreiben über die Verfertigung großer Achromate, und den Nutzen von Formeln und Berechnungen bei diesem Geschäft (H. 6.). — Pöfelger's kritische Nachweisung über das Erscheinen farbiger Ränder um Gegenstände, die man durch ein biconvexes Glas sieht, in Beziehung auf Hrn. von Göthe's Werk zur Farbenlehre (H. 2.).

Cuthbertson's und Singer's vergleichende Versuche über die elektrische Kraft der Cylinder- und der Scheiben-Maschinen, und ein Mittel, ihre Wirkung zu vervierfachen (H. 11.). — Gay-Lussac's und Thenard's Beschreibung des großen electr. galvan. Zellen-Apparats der polytechn. Schule, aus 600 Plattenpaaren von 11 Zoll Seite bestehend, und ihrer Versuche mit demselben (H. 6.) — Deffaigne's Untersuchungen üb. die Phosphoreszenz der Körper durch Compression (H. 3.); Irvine's Bestimmung der latenten Wärme verschiedener Körper (H. 7.) — Schübler's Versuche über den Einfluss der Elektricität auf das Blut und auf das Athmen (H. 11.) und des Dr. Renaud in Mainz Versuche über die Bewegung sogen. Pendel, in Beziehung auf Gerboin's und Spindler's neuen Werken, welchem letztern zu Folge der Glaube ein Zweig des thierischen Magnetismus ist.

Tralles amtl. Untersuchungen über das specif. Gewicht der Mischungen aus Alkohol und Wasser, und seine Tafeln für den Gebrauch und die Verfertigung der Alkoholometer (H. 8.). — Flettner's Beschreibung des Atkin'schen Alkoholometers (H. 8.). — Eytelwein's Ausmittelung eines allg. Gesetzes für die Ausdehnung des Wassers bei versch. Temperaturen nach Gilpin's Versuchen (H. 9.). — Carr's Nachweisung, daß der Lachs schwimmend die Wasserfälle ansteigt (H. 7.). — Die Versuche dreier franzöf. Physiker üb. den angeblichen Widerstand, den nach Hrn. Bador's Erzählung die Bewegung der Luft in langen Röhren leiden soll (H. 10.); und Benzenberg's über den angeblichen Einfluss des Schalls der Glocken auf den Barometerstand (H. 10.); dessen Tafel über die Geschwindigkeit des

Schalls in allen Temperaturen (H. 10.); Gough u. Charles über das Bauchreden (H. 5.); Prätorius Horchrohr (H. 10.); und zweien Engländer Versuche über das Tönen der Gasarten (H. 11.). — Englefield's einfaches Reisebarometer; Anweisung zum Gebrauch desselben, mittelst seiner oder mittelst d'Aubniffon's nur eine Seite einnehmende Tafeln (H. 7, 9.); Oltmann's tragbare hypsometrische Tafeln (H. 7.); Horner's Versuch, die von Lindenauschen Barom. Tafeln auf wenig Seiten darzustellen (H. 12.), und Benzenberg vom Höhenmessen mit dem Barometer (H. 12.) — Herabfallen von Meteorsteinen bei Orleans und in Rußland (H. 8.); Patrin, daß das Knistern des Nordlichts eine Fabel ist (H. 4.); Böckmann's Allgem. Resultate aus den Karlsruher Witter. Beob. im J. 1810 (H. 12.). — Gr. Rumford vom Vortheile breiter Kutschenräder (H. 8.); Wasserhebungs-Maschinen; Gebläse durch Wasser, Wasserschlitten u. d. m.

Durch Auswahl, Zusammenstellung und eigne freye Bearbeitung der wichtigeren Arbeiten des Auslands, bestrebt sich der Herausgeber, diesen Annalen, denen er seit dreizehn Jahren Kraft und Zeit widmet, eine längere als die gewöhnliche ephemere Dauer zuzusichern. Mögen diejenigen, denen er mit gewissenhafter Treue vorarbeitet, nicht vergessen, daß in diesem Fache Arbeiten der Art um so verdienstlicher sind, je mehr dabei der Herausgeber nur für den Ruhm Anderer sorgt.

Der Preis des Jahrgangs von 12 Heften bleibt 6 thlr. 16 gr. Wer sich an die Rengersche Buchhandlung in Halle selbst wendet, erhält die ersten 30 Bände für 30 thlr. preuss. Curr. Die folgenden 9 Bände, welche die *Neue Folge* ausmachen, werden dem, der als Abonnent eintritt, von der jetzigen Verlagshandlung ebenfalls zu billigen Preisen überlassen.

Im Verlage von Johann Ambrosius Barth  
in Leipzig.

---



---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

JAHRGANG 1812, ZWEITES STÜCK.

---

*Die neuesten Entdeckungen über die Polarisirung  
und über die Farben des Lichtes,*

zusammengestellt von Gilbert.

---

Die Versuche, welche Hr. Malus in Paris bis in den März des verflossnen Jahres 1811 über die Polarisirung des Lichtes bekannt gemacht hat, habe ich meinen Lesern, so weit sie in einzelnen Abhandlungen erschienen sind, vollständig in diesen Annalen vorgelegt. (*Neue Folge* B. 1. S. 286. B. 2. 463. B. 7. 109. B. 8. 237.) Schon diese Erfahrungen über die auffallenden Modificationen, welche verdoppelnde Krystalle dem Lichte, das durch sie hindurchgeht, und welche auf ähnliche Art durchsichtige Körper dem Lichte, das sie unter gewissen Winkeln zurückwerfen, bleibend eindrücken, und die Schlüsse, welche aus dieser Polarisirung der Lichtstrahlen über die Natur des Lichtes gezogen worden sind, gehörten zu dem Merkwürdigsten und Ueberraschendsten, was unsere Zeit der Physik gebracht hat. Die beiden neuesten Aufsätze des Herrn Malus, welche

Annal. d. Physik. B. 40. St. 2. J. 1812. St. 2.

man hier findet, führen diesen Gegenstand um vieles weiter, und vollenden ihn gewissermaßen von einer Seite, während sie von einer andern Seite neue Untersuchungen einleiten. Herr Arago, der vereint mit Hrn. Biot vor mehrern Jahren die feinen Versuche über die Verwandtschaft der Körper zum Lichte, deren meine Leser sich mit Interesse erinnern werden (Annal. B. 27 und 28), angestellt und musterhaft durchgeführt hat, ist, als er die Versuche des Hrn. Malus wiederholte und abänderte, auf eine sehr merkwürdige Entstehungsart prismatischer zum Weiß sich ergänzender Farben, und besonderer, bisher unbekannter, farbiger Ringe und Säume, geführt worden, welche auf unsere bisherige Ansicht von den Farben einen großen Einfluß haben dürften, und in der physikalischen Farbenlehre eine bedeutende Rolle spielen werden. Von ihnen handelt der vierte Aufsatz, zwar nur im Auszuge, doch mit hinreichender Umständlichkeit, um Freunden dieses Theils der Naturlehre eine deutliche Uebersicht über diese neue Klasse von Farbenerrscheinungen zu geben, und sie in den Stand zu setzen, sie selbst hervorzurufen. Und dieses ist nicht sehr schwer, besonders wenn man sich mit einem prismatischen Fernrohr mit verdoppelndem Prisma versteht, von welchem der dritte Aufsatz handelt. Möge indeß, wer diese Versuche mehr auszubilden und sie weiter zu führen unternimmt, sich die Genauigkeit und die Schärfe zum Muster nehmen, welche die HH. Malus und Arago in ihren Untersuchungen zu erreichen gewußt haben.

---

I.

*Ueber die Erscheinungen,  
welche die Zurückwerfung und die Brechung des  
Lichts begleiten,*

von

dem Oberflüutenant Malus, Mitgl. d. Inst.

(vorgel. in der ersten Kl. d. Inst. am 7. Mai 1811)

Frei übersetzt von Gilbert.

Ich habe schon mehrmals die Ehre gehabt, die Klasse von den sonderbaren Umständen zu unterhalten, die eintreten, wenn das Licht an der Oberfläche der undurchsichtigen und der durchsichtigen Körper zurückgeworfen wird. Die neuen Resultate, die ich ihr jetzt vorzulegen im Begriff bin, verbreiten volles Licht über die physischen Eigenschaften, welche das Licht durch Einfluß der Körper annimmt, die dasselbe zurückwerfen. Sie vollenden einigermassen die Theorie dieses neuen Zweigs der Optik, indem sie sie auf eine kleine Zahl wohl unterschiedner Thatfachen zurückführen, die verbunden die mannigfaltigen und außerordentlichen Erscheinungen erzeugen, welche man bei diesen Versuchen wahrnimmt.

Ueber das, was ich unter einem *polarisirten* Lichtstrahl verstehe, habe ich mich schon hinlänglich erklärt \*). Ich nenne so einen Lichtstrahl, der

I 2

\*) In einer Vorlesung am 11. März 1811; diese *Annalen* Jahrgang 1811. St. 7., oder *N. F. B. 8.* S. 228 f., und zwar das. S. 240.  
Gilbert.

bei gleichem Einfallswinkel auf einen durchsichtigen Körper die Eigenschaft hat, entweder zurückgeworfen zu werden, oder sich der Zurückwerfung zu entziehen, je nachdem er dem einwirkenden Körper eine andere Seite zuwendet; und es stehen diese Seiten oder Pole des Lichtstrahls stets auf einander unter rechten Winkeln.

Ich hatte ferner bemerkt, daß, um einen Lichtstrahl zu polarisiren, es hinreichend ist, ihn entweder durch einen Krytall von doppelter Strahlenbrechung hindurchgehn zu lassen, wobei zwei entgegengesetzte polarisirte Lichtbündel entstehen \*); oder ihn von einem nicht belegten Spiegelglase, das mit der Richtung des Strahls einen Winkel von  $35^{\circ} 25'$  macht, zurückwerfen zu lassen, in welchem Falle, wie ich bewiesen habe, alles zurückgeworfne Licht auf die eine Art, der gebrochne Strahl dagegen auf die entgegengesetzte Art polarisirt wird, und zugleich dem zurückgeworfnen Lichte proportional ist.

Von dieser letztern Thatfache gehe ich bei den hier zu erzählenden Versuchen aus.

#### I.

Um der Phantasie zu Hülfe zu kommen, wollen wir uns einen senkrecht herabkommenden Licht-

\*) *Deux faisceaux polarisés en sens contraire*, so nennt Hr. Malus, wie aus dem vorigen Absatz erhellt, zwei Lichtstrahlen, worin die übereinstimmenden Seiten oder Pole des einen auf die des andern senkrecht stehen, eigentlich also einander nicht ganz entgegen gesetzt sind.

Strahl denken, der in der Richtung des Meridians polarisirt ist, und unter den ein nicht belegtes Spiegelglas so angebracht sey, daß es sich um diesen Strahl rund umher drehen lasse, während es mit demselben immerfort einen Winkel von  $35^{\circ} 25'$  macht. Um das Licht, welches in den verschiedenen Lagen dieses Spiegelglases durch dasselbe hindurchgeht, zu analysiren, setzte ich darunter einen rhomboedrischen isländischen Krytall so, daß der Hauptschnitt desselben in der Mittagsebene ist. Die Ebene, welche durch den einfallenden und den von dem Spiegelglase zurückgeworfenen Strahle geht, will ich die *Einfallebene* nennen \*).

Die Einfallebene befinde sich nun zuerst in der Mittagsebene. In diesem Fall ist der zurückgeworfene Strahl vollständig polarisirt, so daß, wenn man ihn durch einen isländischen Krytall hindurchgehn

\*) Bei dem Originale finden sich keine Figuren. Zur Erleichterung der Vorstellung habe ich auf Taf. I. in Fig. 1. diese Vorrichtung in einer ziemlich rohen Zeichnung dargestellt. AB ist der senkrechte polarisirte Strahl, dessen eine Seite  $\alpha$  in der Mittagsebene MN liegt, und dessen andere Seite  $\beta$  auf dieser Ebene senkrecht steht. Er fällt auf das unbelegte Spiegelglas SP unter einem Winkel  $ABL = 35^{\circ} 25'$  auf (vergl. *Ann. N. F. B.* 7. S. 110), und wird, ist BM das Einfallsloth, theils zurückgeworfen in der durch AB und BM gehenden Einfallebene AE, so daß  $GBC = LBA$  ist, theils geht er durch das Spiegelglas, zweimal gebrochen, in derselben Richtung BD, in welcher er ankam, hindurch, und hier trifft er in D auf den isländischen Krytall, der so steht, daß seine Oberfläche horizontal, und sein Hauptschnitt HI in der Richtung der Mittagsebene MN ist.

ließe, dessen Hauptschnitt mit der Einfallsebene parallel wäre, er in einem einzigen Strahlenbündel nach dem gewöhnlichen Brechungsgesetze würde gebrochen werden. Auch der Strahl, der durch das Spiegelglas *hindurchgeht*, wird dann durch das darunter stehende Rhomboeder in einem einzigen gewöhnlichen Strahle gebrochen.

Dreht man nun das Spiegelglas um den senkrechten Lichtstrahl wie um eine Axe, so dals z. B. die Einfallsebene sich der Richtung Nord-West nähert, so vermindert sich das Licht, welches das Glas *zurückwirft*, der Menge nach, bleibt aber vollkommen polarisirt, und zwar in Beziehung (*par rapport*) auf die neue Einfallsebene. Des *gebrochenen* Lichtes wird in eben dem Verhältnisse mehr, als die Menge des zurückgeworfnen Lichtes abnimmt; was aber zu dem hinzukömmt, welches in der ersten Lage des Glases hindurchging, ist in Beziehung auf die neue Einfallsebene polarisirt. Der gebrochne Strahl wird daher dann beim Durchgehen durch den untern Rhomboeder in zwei Strahlen zerlegt, von denen der ungewöhnlich gebrochne sein *Maximum* der Intensität erreicht, wenn das Spiegelglas die Hälfte einer Viertel-Umdrehung gemacht hat, wenn folglich in unserm Falle die Einfallsebene in der Richtung Nord-West ist; und in dieser Lage wirft das Spiegelglas genau halb so viel Licht zurück, als in der ersten.

Fährt man fort, das Spiegelglas zu drehen, und nähert die Einfallsebene der Richtung nach West, so nimmt das *zurückgeworfne* Licht noch ferner an

Intensität ab, das *gebrochne* Licht dagegen in eben dem Verhältnisse zu; und der ins untere Rhomboeder durch die außerordentliche Brechung erzeugte Strahl wird schwächer, indess der gewöhnlich gebrochne Strahl an Intensität immer mehr zunimmt. Hat endlich das Spiegelglas genau eine Viertel-Umdrehung gemacht, so wirkt es nicht ein einziges Lichttheilchen mehr zurück, und der Strahl, den es hindurchläßt, wird in dem untern Krytall in einen einzigen Lichtbündel auf gewöhnliche Art gebrochen.

Allo nimmt das zurückgeworfne Licht ab, das gebrochne dagegen immer zu, von der ersten Lage des Spiegelglases an, bis beim Drehen desselben die Einfallsebene einen Bogen von 90 Graden durchlaufen hat. Zugleich nimmt auf eben diese Art der im untern Rhomboeder durch gewöhnliche Brechung gebildete Strahl von der ersten Lage bis zu dieser letztern immerfort zu; der ungewöhnlich gebrochne Strahl nimmt aber nur so lange zu, bis die Einfallsebene einen Winkel von 45 Graden durchlaufen hat; dann nimmt er wieder ab, und wird null, wenn das Glas den vierten Theil einer Umdrehung vollendet hat. Bei einer ganzen Umdrehung hat folglich das *zurückgeworfne* Licht zwei *Maxima*, welche den Richtungen Nord und Süd, und zwei absolute *Minima*, die den Lagen Ost und West zugehören; eben so hat das *durchgelassene* Licht und der Theil desselben, welcher in dem Rhomboeder die *gewöhnliche* Brechung erleidet, zwei *Mini-*

*ma*, den Lagen Nord und Süd, und zwei *Maxima* den Lagen Ost und West entsprechend; das *ungewöhnlich*-gebrochne Licht hat dagegen vier absolute *Minima*, welche den Lagen N, S, O, W, und vier absolute *Maxima*, welche den Lagen NW, SO, NO, SW entsprechen.

## 2.

Ist die Einfallsebene in einer dieser letztern Lagen, z. B. in der NW, so läßt sich eine besondere Erscheinung wahrnehmen, welche zu einem wichtigen Resultate über das Maafs der verschiedenen Intensitäten des zurückgeworfnen und des hindurchgelassnen Lichtes führt. Zu dieser Lage gehört eins der *Maxima* des ungewöhnlich gebrochenen Lichtes. Dreht man das untere Kalkspath-Rhomboeder ein wenig, so daß der Hauptschnitt nach NO zu vorrückt, so nimmt der ungewöhnlich gebrochne Strahl sehr schnell an Stärke ab, und verschwindet selbst ganz, wenn das Licht nicht sehr intensiv ist; über diese Gränze hinaus erscheint er wieder. Wenn man den von dem Hauptschnitt beschriebnen Winkel, welchem dieses neue *Minimum* entspricht, beobachtet, so läßt sich daraus direct auf das Verhältniß schließen, worin das hindurchgelassne Licht in seinem *Maximo* und in seinem *Minimo* steht. In der That führt auch die Theorie zu dem Resultate, daß das Licht, welches das Spiegelglas in seiner ersten Lage hindurchläßt, zu der Lichtmenge, um welche jenes Licht nach einer Viertel-Umdrehung vermehrt worden ist, sich wie die Einheit zu zweimal der Tan-



gente des doppelten Winkels, den man beobachtet hat, verhält. Es läßt sich folglich durch Messen eines einzigen Winkels das Haupt-Element dieser Phänomene bestimmen. Ist diese Gröfse einmal bestimmt, so kann man daraus leicht, vermöge der Theorie, das Verhältniß der Intensität des gewöhnlich - und des ungewöhnlich - gebrochenen Strahls, nicht bloß in ihren *Maximis*, sondern auch in jeder andern Lage dazwischen ableiten.

## 3.

Man denke sich das Spiegelglas wiederum in der Lage, in welcher es das Viertel einer Umdrehung gemacht hat, und stelle sich vor, es werde nun um eine horizontale Axe drehbar, so, daß die Einfallsebene immerfort einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Mittagsebene mache, während der Winkel, unter welchem der senkrechte Strahl gegen das Glas geneigt ist, größer und kleiner werde \*). Macht das Glas einen Winkel nur von einigen Graden mit dem Horizonte, so wirft es den einfallenden senkrechten Strahl zum Theil zurück, das zurückgeworfne Licht findet sich dann aber nicht, wie in dem vorigen Versuche, in Beziehung auf die Einfallsebene, sondern in Beziehung auf die Mittagsebene polarisirt. Hat man auf dem Spiegel-

\*) Wenn also in Fig. 2., LG wiederum den Durchschnitt der Einfallsebene AE mit dem Spiegelglase SP vorstellt, und wenn die Linie RQ in dem Glase, in der Richtung der Mittagsebene MN, durch den Einfallspunkt B des Lichtstrahls senkrecht auf LG gezogen ist, so denke man sich, das Spiegelglas werde um die horizontale Axe RQ gedreht.

glase eine Linie, in der Richtung der Mittagsebene gezogen, und läßt das zurückgeworfne Licht auf einen isländischen Krystall fallen, dessen Hauptschnitt mit dieser Linie parallel ist, so wird dann der ganze Lichtstrahl in dem Krystalle in einem einzigen gewöhnlichen Strahle gebrochen werden.

Vergrößert man die Neigung des Spiegelglases gegen den senkrechten Strahl \*), so findet sich in dem zurückgeworfnen Lichte, *erstens* Licht, welches in Beziehung auf die Mittagsebene polarisirt ist, und *zweitens* ein anderer Antheil Licht, der in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirt ist. Macht das Spiegelglas mit dem senkrechten Strahl einen Winkel von  $35^{\circ} 25'$ , so wird alles zurückgeworfne Licht in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirt; über diese Gränze hinaus fängt es aber wiederum an zum Theil in Beziehung auf die Mittagsebene polarisirt zu werden, und der in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirte Lichtantheil nimmt an Intensität ab, bis das Spiegelglas die senkrechte Lage erreicht hat.

Es ist kaum nöthig, zu bemerken, daß in allen diesen Lagen der durch Brechung in dem untern Rhomboeder gebildete *außerordentliche* Strahl stets derjenigen Menge des zurückgeworfnen Lichtes, welche in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirt wird, proportional ist. Dreht man

\*) Das heißt, *verkleinert* man den Neigungswinkel des Strahls gegen das Spiegelglas, indem man dieses letztere so dreht, daß es mit dem Horizonte einen größern Winkel macht.

das Rhomboeder, wie in dem vorigen Versuche, so, daß der Winkel, den der Hauptschnitt desselben mit der Einfallsebene macht, immer größer wird, so erreicht der außerordentliche Strahl ein *Minimum* der Intensität, und durch Messen der Größe des beschriebenen Winkels ergiebt sich das Verhältniß, worin die Menge des polarisirten Lichtes zu der steht, welche durch das Spiegelglas, ohne diese Modification zu erleiden, hindurch geht. Durch dieses Mittel läßt sich folglich die Menge von Licht bestimmen, welche unter verschiedenen Einfallswinkeln polarisirt wird, und das Messen bei diesem Phänomen wird auf bloßes Beobachten von Winkeln zurück gebracht, wodurch dieses Problem, welches bisher für mich mit den größten Schwierigkeiten verstrickt war, sich bedeutend vereinfacht.

## 4.

Man setze in dem vorigen Versuche an die Stelle des Spiegelglases, ganz unter denselben Umständen, einen ebenen *Metallspiegel*, so daß die Einfallsebene des senkrechten Strahls auch bei ihm unverändert einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Mittagsebene mache. Ist dieser Spiegel nur einige Grade gegen den Horizont geneigt, so findet sich alles Licht, welches er zurückwirft, in Beziehung auf die Mittagsebene polarisirt, wie es das einfallende Licht des senkrechten Strahles war. Wird die Neigung des Spiegels gegen den Horizont vergrößert, so wirft er Licht zurück, wovon ein Theil in Beziehung

auf den Meridian, ein anderer Theil in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirt ist; und man erreicht endlich eine gewisse Neigung, in welcher das Licht ganz und gar in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirt wird. Ueber diese Gränze hinaus erscheint in dem zurückgeworfenen Strahle wieder Licht, das in Beziehung auf den Meridian polarisirt ist, und das in Beziehung auf die Einfallsebene polarisirte Licht nimmt an Intensität immer mehr ab, bis der Spiegel vertical wird.

Die durchsichtigen Körper und die Metalle wirken folglich genau auf einerlei Art, auf das Licht, welches sie zurückwerfen. Der einzige Unterschied ist, daß die durchsichtigen Körper alles Licht, welches sie in der einen Richtung (*dans un sens*) polarisiren, durch sich hindurch lassen und brechen, und das in der andern Richtung (*dans le sens contraire*) polarisirte Licht zurückwerfen; daß dagegen die Metalle das durch sie in der einen und in der andern Richtung (*dans les deux sens*) polarisirte Licht beides zurückwerfen: wohl verstanden jedoch, daß sie dabei an dem Vermögen Theil nehmen, welches alle andere undurchsichtige Körper haben, in größerer Menge die Arten von Strahlen zu verschlucken, welche die durchsichtigen Körper durch sich hindurch lassen.

Dieser letztere Versuch giebt uns ein Mittel an die Hand, den *Winkel* zu bestimmen, unter welchem polirte Metalle das Licht polarisiren, und zeigt zugleich, warum es unmöglich war, bei ihnen

diesen Winkel durch dieselbe Methode zu bestimmen, deren ich mich bei den durchsichtigen Körpern bedient hatte. Denn wenn natürliches [unverändertes] Licht auf das Metall unter diesem Winkel auffällt, so enthält der zurückgeworfne Strahl zugleich die Lichttheilchen, welche in der einen, und die, welche in der andern Richtung polarisirt sind, und er muß daher, wenn man ihn durch einen isländischen Kry stall zerlegt, dieselben Eigenschaften zeigen, als der unter den größten und der unter den kleinsten Einfallswinkeln zurückgeworfne natürliche Lichtstrahl, welches in diesem Fall die Gränze, die wir suchen, unbestimmbaar macht. Man vermeidet diese Schwierigkeit, wenn man einen schon polarisirten Lichtstrahl von dem Metallspiegel zurückwerfen läßt; muß dann aber, nicht wie bei den durchsichtigen Körpern, den Winkel, unter welchem die Polarisation am vollständigsten ist, sondern vielmehr den Winkel, unter welchem die Entpolarisation (*la dé-polarisation*) am vollständigsten ist, beobachten. Man muß aus diesem Grunde bei den Metallen sich der Zurückwerfung eines schon polarisirten Lichtstrahls bedienen, und dabei darauf sehen, daß die Pole des Strahls einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Einfallsebene machen; man beobachtet dann den Winkel, unter welchem das Licht entpolarisirt, wie ein natürlicher Strahl, erscheint. Für die durchsichtigen Körper bedient man sich dagegen der Zurückwerfung eines natürlichen Strahls, und beobachtet den Winkel, unter welchem das Licht vollständig

polarisirt zu seyn scheint. Diese Winkel lassen sich in beiden Fällen mit gleicher Genauigkeit bestimmen.

Die hier angeführten Versuche beweisen, daß die Schwierigkeit, diese Erscheinungen bei den Metallen zu beobachten, wenn man einen directen Lichtstrahl anwendet, nicht, (wie ich in meiner *Théorie de la double réfraction* p. 230 vermuthet hatte,) daher rührt, daß das partiell zurückgeworfene Licht, welches diese Modification erlitten hat, mit den von der totalen nicht modificirten Zurückwerfung herrührenden Lichtstrahlen vermenget wird; vielmehr werden die Strahlen, welche ich total zurückgeworfen nannte, (um sie von denen zu unterscheiden, welche, wie ich glaubte, von einer partiellen Reflexion herrührten, auf ähnliche Art wie bei durchsichtigen Körpern,) ebenfalls vollständig polarisirt, werden es aber in zwei verschiedenen Richtungen zu gleicher Zeit.

Diese Versuche beweisen zweitens, daß das gewöhnliche Licht, welches von den Körpern unter größern oder kleinern Winkeln, als dem bestimmten, zurückgeworfen wird, die Eigenschaften des natürlichen Lichtstrahls nicht deshalb besitzt, (wie ich gleichfalls p. 239 vermuthet hatte,) weil es aus Licht besteht, das in den beiden angegebenen Richtungen polarisirt ist, sondern weil es die Modification, welche die Polarisirung hervorbringt, in der That nicht erlitten hat.

##### 5.

Die Thatfachen, welche in dieser Abhandlung enthalten sind, weisen uns also die Methoden nach,

die man befolgen muß, um in den verschiednen Fällen eine genaue Messung der Erscheinungen zu erhalten. Sie klären alles Problematische auf, welches diese Theorie noch enthielt, und es fließen aus ihnen die nachstehenden *Folgerungen* auf eine nicht zu bezweifelnde Weise:

1) Alle Körper in der Natur, ohne Ausnahme, polarisiren vollständig das Licht, welches sie unter einem gewissen bestimmten Winkel zurückwerfen. Ueber diesen Zurückwerfungs - Winkel hinaus, und unterhalb desselben, nimmt aber das Licht diese Modification nur auf eine unvollständige Weise an.

2) Die Metalle, welche mehr Licht als die durchsichtigen Körper zurückwerfen, polarisiren davon auch mehr. Diese Modification inhärrt der Art von Kräften, welche die Zurückwerfung bewirken.

Endlich führen uns diese neuen Erscheinungen der Wahrheit um einen Schritt näher, indem sie das Unzureichende aller Hypothesen darthun, welche die Physiker erfonnen haben, um die Zurückwerfung des Lichts zu erklären. So z. B. läßt sich in keiner dieser Hypothesen erklären, warum der intensivste Lichtstrahl, wenn er polarisirt ist, unter einer gewissen Neigung ganz durch einen durchsichtigen Körper hindurchgehn, und sich der partiellen Zurückwerfung, welche das gewöhnliche Licht erleidet, ganz entziehn kann.

---

## II.

*Ueber die Axe der Brechung der Krystalle und der organischen Körper.*

von

dem Oberflieutenant MALUS, Mitgl. d. Inst.

(Vorgelesen in der ersten Kl. d. Inst. am 29. Aug. 1811.)

Frei übersetzt von Gilbert.

Es ist meine Absicht, der Klasse eine Beschreibung der Mittel vorzulegen, deren ich mich bediene, um in Krystallen, an denen keine Spur von ihrer primitiven Gestalt wahrzunehmen ist, z. B. an Stücken Bergkrystall, die zu verschiednem, besonders optischem Gebrauche geschnitten sind, die Axe der KrySTALLISATION und der Brechung aufzufinden. Dieses Verfahren ist schon in den optischen Werkstätten eingeführt, in welchen ROCHON'sche Micrometer verfertigt werden \*). Noch leichter läßt sich mittelst desselben die Axe der Brechung in Krystallen auffinden, die nicht entstellt sind, und ich bin durch Anwendung desselben zu Resultaten über die Structur nicht nur der Krystalle, sondern auch der vegetabilischen und der thierischen Körper gelangt, von denen ich gleichfalls die Klasse unterhalten will.

Man wird sich aus meinen vorigen Abhandlungen erinnern, wie ich die Richtung, nach welcher

\*) Eine kurze Notiz von diesen Mikrometern, welche aus einem Prisma aus verdoppelndem Kalkspath bestehn, füge ich in dem folgenden Aufsätze bei. Gilbert.



ein Lichtstrahl polarisirt ist, *erkenne*. Ich bringe in den Lichtstrahl einen verdoppelnden Krytall, und drehe diesen so lange, bis durch ihn der Lichtstrahl nicht mehr durch die doppelte Strahlenbrechung modificirt wird. In dieser Lage giebt die Richtung des Hauptschnitts des Krytalls die Richtung der Pole des Lichtstrahls; und ist umgekehrt die Richtung der Pole des Lichtstrahls bekannt, so zeigt sie uns zugleich die Richtung des Hauptschnitts. Da endlich der Hauptschnitt jeder natürlichen oder künstlichen Seitenfläche des Krytalls eine Ebene ist, welche auf die brechende Seitenfläche senkrecht steht und mit der Axe der Brechung parallel ist, so braucht man nur für zwei der Seitenflächen des Krytalls die Lage der Hauptschnitte bestimmt zu haben, so muß uns der Durchschnitt dieser Ebenen die Richtung der Axe der Krytallisation und der Brechung anzeigen; und dieses macht den Gegenstand der Aufgabe aus \*).

Um die Hauptschnitte aufzufinden, bediene ich mich der in meiner letzten Abhandlung beschrie-

\*) Ueber den Hauptschnitt und die Axe des primitiven Kalkspath - Rhomboeders, oder sogen. isländischen Krytalls, findet der Leser mehreres in B. 1 der *N. F. dieser Annal.* S. 252. f. Herr Malus giebt in seiner *Theorie de la double réfraction* den Winkeln, welche die Gestalt dieses Rhomboeders bestimmen, folgende Größen: Neigungswinkel zweier Seitenflächen  $101^{\circ} 55'$  und  $78^{\circ} 5'$ ; Winkel der Seitenlinien mit einander  $105^{\circ} 5'$  und  $75^{\circ} 45'$ ; Neigungswinkel der Kanten gegen die Seitenebenen  $119^{\circ} 8' 11''$  und  $60^{\circ} 51' 49''$ ; Winkel der Axe mit den Seitenebenen  $45^{\circ} 38'$ .  
Gilbert.

benen Methode, welche darin besteht, daß ich den Körper, dessen Einwirkung auf das Licht untersucht werden soll, zwischen zwei feste das Licht polarisirende Körper bringe und bewege. Die Resultate sind dieselben, man mag das Licht durch einen Körper von doppelter Strahlenbrechung polarisiren, oder dadurch, daß man es bloß von einem Körper zurückwerfen läßt. So z. B. diene mir bei den Versuchen, welche ich in meiner vorigen Abhandlung beschrieben habe, ein Spiegelglas, das Licht durch Zurückwerfung zu polarisiren, und ein Kalkspath-Rhomboeder, dessen Hauptschnitt der Zurückwerfungsebene parallel war, den modificirten Strahl zu analysiren, indem es darauf ankam, die nach beiden Richtungen (*dans les deux sens*) polarisirten Strahlen ihrer Intensität nach zu vergleichen. Dabei bemerkte ich, daß das gewöhnlich gebrochne Licht nur zwei *Maxima* und zwei *Minima*, das ungewöhnlich gebrochne Licht dagegen vier *Maxima* und vier *Minima* hat; ein Umstand, der mir zur Erklärung der Erscheinungen diene, die zugleich von der doppelten Strahlenbrechung und von der Zurückwerfung im Innern der Krytalle abhängen.

In dem Fall, auf den es hier ankömmt, wo man nicht die Intensitäten des Lichtes zu vergleichen, sondern bloß eine absolute Erscheinung zu bestimmen hat, bediene ich mich eines noch einfacheren Apparats, der aus zwei unbelegten Spiegelgläsern besteht, deren zweite Oberfläche über der Flamme

einer Lampe geschwärzt worden ist. Eines dieser Spiegelgläser befestige ich an einer lothrecht stehenden Tafel auf ihr senkrecht, so daß es gegen den Horizont unter einem Winkel von  $54^{\circ} 35'$  geneigt ist; und darunter das zweite, so daß es ebenfalls mit dem Horizonte einen Winkel von  $54^{\circ} 35'$ , dabei aber mit der Tafel einen Winkel von  $35^{\circ} 25'$  macht. Licht, das, nach der Zurückwerfung von dem ersten Spiegelglase zu dem zweiten, in lothrechter Richtung herabkömmt, hat das Vermögen verloren, von diesem zweiten Spiegelglase zurückgeworfen zu werden, und dringt ganz in dasselbe ein. Stellt man zwischen beide Gläser einen Krytall von doppelter Strahlenbrechung, so daß sein Hauptschnitt auf eins der beiden Spiegelgläser senkrecht steht, so behält das Licht, welches durch ihn hindurchgeht, seine Eigenschaften; es wird von dem zweiten Glase nicht zurückgeworfen, und man wird kein Licht gewahr, wenn man das Auge in die Verlängerung dieses Strahls hält. Hört der Hauptschnitt des Krytalls auf, senkrecht auf eins der beiden Spiegelgläser zu seyn, so wird das Licht, welches durch ihn hindurchgeht, in zwei nach den entgegengesetzten \*) Richtungen polarisirte Strahlenbündel getheilt, die, wenn sie auf das zweite Glas auffallen, die Disposition nicht mehr haben, welche sie der partiellen Zurückwerfung entzieht. Das Auge erhält eine gewisse Menge

K 2

\*) D. h. nach auf einander senkrecht stehenden, vergl. S. 120.

*Gilbert.*

von Licht, welche in ihrem *Maximum* ist, wenn der Hauptschnitt des Krystalls um die Vertikallinie einen Winkel von  $45^\circ$  beschrieben hat, und welche wieder *null* wird, wenn der Hauptschnitt genau das Viertel einer Umdrehung vollendet hat.

Man setze also zwischen die beiden Spiegelgläser ein horizontales Tischchen, welches ein Loch in Gestalt eines Rechtecks hat, von dessen Seiten zwei mit der lothrecht - stehenden Tafel parallel, zwei auf ihr senkrecht sind. Ueber dieses Loch setze man den Krystall und drehe ihn so lange, bis das Licht, welches durch ihn hindurchgeht, von dem zweiten Spiegelglase nicht mehr zurückgeworfen wird, und die untere Fläche dieses Glases (*le fond*) vollkommen dunkel erscheint. Man macht ihn in dieser Lage fest, und zieht auf der untern Seitenfläche desselben, parallel mit den Seiten des rechteckigen Lochs, zwei gerade Linien.

Wenn man nun in den Krystall zwei Schnitte macht, welche auf diese Seitenfläche desselben senkrecht stehn, und mit den gezogenen Linien parallel sind, so muß einer dieser beiden Schnitte nothwendig der Axe der Krystallisation parallel seyn. Um diese Axe zu erkennen, muß man mit diesen neuen Seitenflächen dieselbe Probe machen, wie mit der ersten. In einer derselben werden die beiden unter rechten Winkeln auf einander gezogenen Linien auf denen in der ersten Seitenfläche gezogenen senkrecht stehn, und das ist ein Zeichen, daß diese Fläche auf den Hauptschnitt senkrecht ist. In der andern, welche

folglich der Axe parallel seyn muß, werden die beiden unter rechten Winkeln auf einander gezogenen Linien gegen den Durchschnitt der Seitenflächen geneigt seyn, und eine dieser Linien wird die Richtung der Axe geben. Um sie zu bestimmen, ist es hinlänglich, einen neuen Schnitt parallel mit irgend einer dieser Linien zu machen. Wenn in diesem dritten Schnitte die auf einander senkrecht stehenden Linien, die eine parallel, die andre senkrecht mit der ist, welche die Richtung des Schnitts bestimmt hat, so giebt dieser die Richtung der Axe. Hört dagegen in diesem dritten Schnitte die Erscheinung der Depolarisirung auf, das heißt, bleibt das Spiegelglas, welches das Licht zurückwerfen soll, dunkel, wenn man den Krytall dreht, so ist die Richtung der Axe senkrecht auf die Linie, welche die Richtung des Schnitts bestimmt hat, und folglich senkrecht auf die letzte Seitenfläche.

Man sieht hieraus, daß höchstens drei und oft nur zwei Schnitte erfordert werden, um bei jedem Körper die Axe der Brechung und der KrySTALLISATION zu bestimmen, welche Veränderungen er auch in seiner äußern Gestalt erlitten haben mag. Diese drei Operationen, welche für den Mineralogen nothwendig sind, wenn er die Axe der KrySTALLISATION eines Körpers bestimmen will, bedarf ein Künstler bei der Verfertigung eines Mikrometers nicht; er kann gleich in der ersten Operation die Richtung erkennen, in welcher er den Krytall schneiden muß, damit dieser die Erscheinungen gebe, welche er verlangt.

Stehn die beiden rechtwinklichen Linien, welche in dem ersten Schnitt, den der Optiker gemacht hat, gezogen sind, auf die beiden Linien in der ersten Seitenfläche senkrecht, so kann er zwei Prismen schneiden, deren Kanten mit der die Richtung des Schnitts bestimmenden Linie parallel seyn müssen. In jedem dieser Prismen ist die Axe der Brechung auf die Kanten senkrecht, gegen die Seitenflächen aber unter verschiednen Winkeln geneigt; welches hinreicht, die verlangte Wirkung zu erhalten, wie ich in der Theorie, die ich für diese Art von Erscheinungen gegeben, bewiesen habe (*Theorie de la double réfr.* p. 270 — 276). Wenn dagegen die beiden Linien in dem ersten Schnitt gegen die in der ersten Seitenfläche geneigt sind, so muß er die beiden Prismen so schneiden, daß die Kanten des einen mit der einen, und die Kanten des andern mit der andern jener Linien parallel sind. In dem einen derselben sind die Kanten mit der Axe des Krytalls parallel, in dem andern sind sie auf dieser Axe senkrecht. Auf dieses Verfahren war Herr Rochon durch seine Versuche gekommen.

Die Methode, durch welche sich die Axe der Körper von doppelter Strahlenbrechung auffinden läßt, muß noch in höhern Grade geeignet seyn, um mittelst ihrer zu erkennen, ob ein Krytall mit dieser Eigenschaft begabt ist, oder nicht; denn jedesmahl wenn das Glas, welches das Licht zurückwerfen soll, vollkommen dunkel erscheint, läßt sich schließen, daß der Krytall diese Eigenschaft nicht besitzt; wenn dagegen das Glas abwechselnd hell

und dunkel erscheint, so besitzt der Krytall das Vermögen, die Bilder zu verdoppeln. Diese Methode dient gleich gut, Krytalle von doppelter Strahlenbrechung zu erkennen, sie mögen die beiden Bilder weit oder nur sehr wenig von einander entfernen; und für die letztere ist sie allein anwendbar, indem in ihnen die Zerstreung der Bilder viel stärker als ihre Entfernung ist, und sie sich daher nicht getrennt erhalten lassen.

Ich habe alle durchsichtige Mineralien und alle krytallisirbare chemische Präparate dieser Art von Analyse unterworfen, und bin dadurch auf das allgemeine Resultat geführt worden, daß alle diese Körper mit doppelter Strahlenbrechung begabt sind, diejenigen allein ausgenommen, welche in Würfeln oder in regelmässigen Octaedern krytallisiren. Da diese der Zahl nach die wenigern sind, so wird man hinfüro nicht wie ehemals Verzeichnisse von Körpern geben, welche die doppelte Strahlenbrechung haben, sondern von denen, welchen sie fehlt. Diese Bemerkung kann uns in manchen Fällen darauf führen, die nicht recht bestimmte Krytallgestalt einiger Körper zu erkennen. Da z. B. das Eis eine Krytallisations-Axe zeigt, so ist die Krytallgestalt desselben wahrscheinlich kein regelmässiges Octaeder, wie man vermuthet hatte.

In den Krytallen von prismatischer Gestalt ist gewöhnlich die Axe der Brechung den Kanten des Prisma's parallel, welches auch übrigens ihre primitive Gestalt sey.

Noch viel überraschender ist es indess, daß alle organisirte, vegetabilische und thierische Körper, wenn man sie dieser Prüfung unterwirft, die Eigenschaft der Krytalle von doppelter Strahlenbrechung zeigen. Ich habe den Versuch angestellt mit fibrösen und durchscheinenden Theilen von Blättern und von Blumen, mit dem Häutchen, womit der Splint überzogen ist, mit Seide, Wolle, weissen Haaren, Schuppen, Horn, Elfenbein, Federn, Häuten von vierfüßigen Thieren und von Fischen, Muscheln, Fischbein u. d. m., und alle diese Körper haben das Licht auf dieselbe Art als die krytallisirten Körper modificirt. Sie alle haben, so zu sagen, eine Axe der Brechung oder der Krytallisation, als bestünden sie aus Theilchen von einer bestimmten Gestalt, die in Beziehung eines auf das andre symmetrisch zusammengeordnet wären.

Diese Beobachtung scheint sich indess auf zwei verschiedne Arten erklären zu lassen. Die vegetabilischen und thierischen Körper sind entweder wirklich aus Theilchen zusammengesetzt, welche wie die Krytalle organisirt sind; oder diese Erscheinung hängt mit den allgemeinen Eigenschaften des zurückgeworfnen und gebrochenen Lichts zusammen, welche ich in dem Vorigen entwickelt habe. Ich behalte es mir vor, diesen Gegenstand in einer andern Abhandlung weiter zu erörtern, und in ihr die Versuche mitzutheilen, welche diese Frage entscheiden müssen.

---



## III.

*Ein Winkel- und Distanzmesser mittelst der doppelten Bilder des isländischen Krystalls,*

von

ROCHON, Mitgl. des Instit. \*)

Der B. Rochon hat dem National-Institute einen Aufsatz über die Anwendung achromatischer Fernröhre zum Winkelmessen, und über den Gebrauch der doppelten Strahlenbrechung zur genauen Bestimmung kleiner Winkel vorgelegt. In der historischen Notiz, die er voranschickt, reclamirt er die Erfindung der achromatischen ~~Er~~gläser für den gelehrten Morehall, dem es schon im Jahr 1734 geglückt seyn soll, die Abweichung wegen der Kugelgestalt und wegen der Farbenzerstreuung dadurch aufzuheben, daß er Materien von verschiednem Brechungsvermögen nahm; ferner bringt er in das Andenken, was wir den tiefen Untersuchungen Eulers in dieser Materie verdanken; und endlich kündigt er uns eine Vervollkommnung des dioptrischen Instruments an, welches in seinen 1783 gedruckten *Recherches sur la Mécanique et la Physique* von ihm beschrieben ist. Zwei Glasprismen dienten ihm damals in diesem Instrumente zum Messen sehr kleiner Winkel. Er benutzte indess seitdem die vom

\*) Aus *De Lambre's Notice des travaux de la Cl. des sc. math. et phys. de l'Inst. nat. An 9. trim. 3., und An 11.,* ausgezogen von Gilbert.

**P. Beccaria** erfundene Methode, aus dem isländischen Krytall ein Prisma zu schneiden, so daß dieser seine doppelte Strahlenbrechung beibehält, um ein solches Prisma den beiden variablen Glasprismen zu substituiren.

Dieses Prisma befindet sich im Innern des Fernrohrs, und macht zwei Bilder des Gegenstands erscheinen, die, je nachdem man es dem Auge mehr oder weniger nähert, von einander weiter abrücken, oder einander näher kommen. Man rückt das Prisma so, daß beide Bilder sich berühren. Dann giebt eine von außen auf das Fernrohr eingegrabne Scale an, wie oft der Durchmesser des Gegenstandes in der Entfernung desselben enthalten ist. Ist daher der Durchmesser bekannt, so findet sich hieraus die Entfernung ziemlich nahe.

Wird man z. B. auf dem Meere ein Schiff gewahr, dessen Entfernung man zu wissen wünscht, um es erreichen oder demselben ausweichen zu können, so bringe man die beiden Bilder desselben mit einander in Berührung. Nähert man sich dem Schiffe, so fangen beide Bilder an in einander einzugreifen; entfernt man sich davon, so gehen dagegen die Bilder auseinander. Der Rang des Schiffs ist leicht zu erkennen, man kennt daher ziemlich nahe die Höhe der Masten. Nun bringe man die beiden Bilder des großen Mastes mit einander in Berührung, so daß Ende auf Ende trifft; so findet man an der Scale, um wie viel solcher Mastlängen das Schiff noch entfernt ist.

Es zeige sich zu Lande ein feindlicher Haufen; man bringe beide Bilder der Mannschaft so in Berührung, daß der Fuß des einen den Kopf des zweiten Bildes berührt. Da sich die mittlere Größe eines Soldaten auf 1,7 Meters schätzen läßt, so zeigt dann die Scale am Fernrohr, wie vielmal 1,7 Meters der feindliche Haufe entfernt ist.

Diese Beispiele zeigen den Nutzen hinlänglich, den ein solches Instrument haben kann, welches auch, abgesehen von diesem Nutzen, schon sehr interessant seyn würde. Ein zu gleichem Zweck bestimmtes, von Ramsden erfundenes, Instrument, welches in der englischen und spanischen Marine häufig gebraucht wird, kommt diesem, mit einem Prisma aus Doppelspathe versehenen, nicht gleich, wovon Rochon sich durch entscheidende Versuche überzeugt hat \*). Zwar würde ein Künstler, der sich nicht aus dem Grunde auf das Schneiden des isländischen Krystalls versteht, bei der Verfertigung eines solchen Instruments, wie Rochon anführt, ausnehmende Schwierigkeiten finden; allein der B. Narei hat es doch schon wirklich mit aller zu wünschenden Präcision zu Stande gebracht \*\*).

\*) *Ramsden's Dynameter.* Der englische Künstler wurde (wie er dem Prof. Seyffer, damals in Göttingen, erzählt haben soll) durch eine Wette zweier Frauenzimmer, welche von beyden den feinsten tuchnen Ueberrock habe, veranlaßt, dieses Instrument zu erfinden, durch das er die Dicke der Tuchhaare maß, und das er nachher anwandte, um die Vergrößerungskraft der Fernröhre und die Durchmesser einiger Himmelskörper zu messen. (Allgem. Zeit. 1803. No. 211.) d. H.

\*\*) Der vorige Aufsatz giebt dazu die allgemeine Regel. G.

Am 11ten Prairial des J. XI. wurde dieses Instrument von uns zu St. Cloud in Gegenwart des ersten Consuls, als Mitglied unsrer Classe, geprüft. Der erste Consul wiederholte die Versuche damit selbst, und verordnete darauf, daß mehrere Fernrohre dieser Art verfertigt werden sollten.

Diese Erfindung kann auch für die Astronomie von Wichtigkeit werden. Schon hat sich ihrer der B. Rochon bedient, um die Durchmesser von Mars, Jupiter und Saturn zu messen. Für die Durchmesser der Sonne und des Mondes, die über 30' betragen, schien es anfangs nicht geeignet zu seyn, weil der Winkel der beiden Brechungen im Doppelspath nur auf 20' steigt. Doch ist es den BB. Rochon und Torelli de Narci geglückt, durch eine künstliche Art den Doppelspath zu schneiden, den Brechungswinkel zu verdoppeln, ja selbst zu verdreifachen. Es giebt daher jetzt keinen Himmelskörper, dessen Durchmesser sich nicht mittelst eines solchen Micrometers aus isländischem Krytall messen ließe; vorausgesetzt nemlich, daß er dazu Lichtstärke genug besitzt; denn natürlich müssen die beiden Bilder schwächer und matter seyn, als ein einziges Bild es seyn würde. Bei der Sonne und beim Monde hindert dieses nichts, und man ist daher im Begriff, ein solches Prisma in dem besten Fernrohre der Nationalsternwarte anzubringen.

---

## IV.

*Ueber eine eigenthümliche Modification, welche die Lichtstrahlen beim Durchgehen durch gewisse durchsichtige Körper erleiden, und über einige andere neue optische Erscheinungen*

von

ARAGO, Mitgl. d. Instituts.

(Vorgelesen im Institut am 11ten August 1811,)

Im Auszuge \*).

Frei übersetzt von Gilbert.

## I.

Wenn man irgend einen Gegenstand, z. B. die Flamme eines Lichtes, durch ein Kalkspath-Rhomboeder betrachtet, so zeigen sich die beiden Bilder, welche man wahrnimmt, sehr nahe von gleicher Intensität und ohne Farbe, die Lichtstrahlen mögen unmittelbar auf den Kry stall fallen, oder mögen erst durch ein *Blatt Glimmer* hindurch gegangen seyn. Befieht man dagegen durch das Kalkspath-Rhomboeder die Flamme, wie sie sich in einem Glas-Spiegel darstellt, so findet für gewisse Lagen des

\*) Dieser ziemlich umständliche und gute Auszug aus der sehr interessanten und wichtigen Abhandlung, welche, so viel ich weiß, noch nicht in dem Druck erschienen ist, steht in dem *Bulletin des Sc. de la Soc. philomat.* Octob., Nov., Dec. 1811. Es ist mir angenehm, ihn dem Leser zugleich mit den vorhergehenden vorlegen zu können, indem er durch sie an Verständlichkeit sehr gewinnt.

Gilbert.

Kryftalls eine Verschiedenheit in der Intensität der beiden Bilder Statt; und diese ist um so größer, je mehr der Winkel, unter welchem die Strahlen von dem Spiegel zurück geworfen werden, sich der Größe von 35 Graden nähert. Unter diesem Winkel selbst verschwindet, wie bekannt, eins der beiden Bilder ganz. Halt man, wenn dieses der Fall ist, ein Glimmerblatt vor dem Kryftall, so daß die Strahlen, welche von dem Spiegel zurück geworfen werden, durch dasselbe hindurch gehen müssen, ehe sie auf den Kryftall fallen, so erscheint das verschwundene Bild wieder, jedoch mit einer Farbe, deren Lebhaftigkeit und deren Art abhängen von der Dicke des Glimmerblatts, und von dem größern oder kleineren Winkel, den die Lichtstrahlen mit dem Blättchen machen. Dieser Winkel sey indess so groß oder so klein, als man wolle, immer erscheinen die beiden Bilder in Farben, welche sich zum Weiß ergänzen (*couleurs complémentaires*), so daß, wenn das eine Bild, während man die Lage des Glimmerblatts verändert, die ganze Folge der prismatischen Farben hinter einander mehrmals durchläuft, die Farbe des andern Bildes sich stets auf eine entsprechende Art verändert, und beide zugleich vorhandne Farben der Bilder immer zusammengenommen weiß geben.

Erhält man das Glimmerblatt in unveränderter Lage, und läßt dagegen das Prisma sich drehen \*),

\*) Bisher war von keinem Prisma die Rede. Weiterhin wird ein verdoppelndes Prisma von Kalkspath erwähnt;

so werden die beiden Bilder nach einander ihre Farbe verändern, und bei jeder Viertel-Umdrehung durch Weiß durchgehn, wenigstens bei bestimmten Einfallswinkeln. Läßt man endlich das Glimmerblatt eine ganze Umdrehung vollenden, ohne daß sich dabei der Winkel verändert, den es mit den zurückgeworfnen Strahlen macht, so wird dasselbe Bild viermal verschwinden.

Man sieht hieraus, daß die Glimmerblätter, welche gewöhnlich unter dem Namen *russischer Talk* (oder *russisches Glas*) bekannt sind, gleich den andern Körpern von doppelter Strahlenbrechung, die Eigenschaft haben, die durch Zurückwerfung modificirten und polarisirten Lichtstrahlen zu depolarisiren, — jedoch mit dem äußerst merkwürdigen Umstande, daß das Glimmerblatt auf die verschiedenfarbigen Lichttheilchen nicht auf einerlei Art einzuwirken scheint, da das zweite Bild, wenn es durch die Einwirkung des Glimmerblatts wieder erscheint, nicht weiß ist. Beruhen folglich die Eigenschaften der polarisirten Lichtstrahlen wirklich, wie man angenommen hat, auf der besondern Lage (*disposition*) der Axen der Lichttheilchen, die den Strahl ausmachen, so müßte man annehmen, daß in einem Lichtstrahle, der durch die Einwirkung eines Prisma von islän-

und aus dem Verfolg erhellt, daß Hr. Arago sich bei seinen Versuchen vorzugsweise eines Fernrohrs bedient hat, in dessen Axe ein verdoppelndes Prisma nach Rochon's Art angebracht war,

Gilbert.

dischem Krytall polarisirt ist, die Axen der verschiedenfarbigen Lichttheilchen einander parallel wären, indess in demselben Strahle, wenn er durch ein Blatt Glimmer durchgegangen wäre, die Axen der verschiedenfarbigen Strahlen verschiedene Lagen hätten.

## 2.

Herr Malus ist der Erste, der gefunden hat, daß die beiden Lichtbündel, welche durch ein Kalkspath-Rhomboeder auf entgegengesetzte Art polarisirt sind, beim Auffallen auf Körper, von denen sie zurückgeworfen werden, sich auf verschiedene Art verhalten. Indem Hr. Arago diesen Versuch des Hrn. Malus mit den hier erzählten verbindet, zeigt sich das vorige Resultat unter einem andern Gesichtspunkt, welcher uns eine noch deutlichere Vorstellung von der sonderbaren Modification giebt, die den Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch Glimmer zu Theil wird.

Man befestige zum Beispiel ein Blatt Glimmer in horizontaler Lage, und lasse auf der Oberfläche desselben einen Lichtstrahl fallen, der von einem ebenen Spiegelglaste unter einem Winkel von ungefähr  $35^\circ$  senkrecht herabwärts zurückgeworfen wird. Man übersieht leicht, daß die Strahlen von allen Farben durch das Glimmerblatt hindurchgehn werden. Unter das Glimmerblatt werde ein unbelegtes Spiegelglas so gestellt, daß es mit der Vertikallinie einen eben so großen Winkel macht, als das obere,



aber nach entgegengesetzter Richtung \*). Auf den ersten Anblick scheint es, daß dieses zweite Spiegelglas, da das Glimmerblatt bloß weißes Licht erhält, das Licht ohne alle Farben zeigen müsse; wenn man indess das Licht, welches es zurückwirft, untersucht, so findet man es sehr stark gefärbt.

Läßt man das untere Spiegelglas sich drehen, ohne doch die Neigung des Glases gegen den Horizont zu verändern, so wird der Lichtstrahl zwar immerfort unter einerlei Winkel auf dasselbe einfallen, doch aber nicht immer mit einerlei Farbe erscheinen; vielmehr wird er nach jeder Viertel-Umdrehung die complementaire Farbe der vorigen zurückwerfen. Herr Arago hat sich überzeugt, daß es von der Dicke des Glimmerblättchens abhängt, welche Art von Farbe durch dasselbe depolarisirt wird. Denn als er aus einer Glimmertafel ein Blättchen geschnitten hatte, welches die blauen Strahlen depolarisirte, rief die daran gränzende Tafel ein gelbes Bild hervor; der Theil, der auf dieses folgte, machte aufs neue ein blaues Bild, und so ferner.

Wenn folglich die Dicke eines Glimmerblatts sich sehr schnell und regelmäsig ändert, so werden die Punkte, in welchen es diese oder jene bestimmte Art von Farbe depolarisirt, sehr nahe einer bei dem andern liegen, und ungefähr um gleiche Räume von einander abstehn. Man nimmt in diesem Fall far-

\*) Das heist mit andern Worten, daß es dem obern Spiegelglaste parallel sey, wie in Fig. 1., Tafel I., welche man bei dieser Beschreibung vergleiche. *Gilbert.*

bige Streifen wahr, welche denen ganz ähnlich sind, die Newton in seiner Optik beschrieben hat, obgleich sie auf andere Weise hervorgebracht werden.

## 3.

Herr Arago wendet sich nun zu Versuchen, die er angestellt hat, um die Modificationen zu studiren, welche Veränderungen in der Neigung des Glimmerblatts gegen den Lichtstrahl, der auf dasselbe herabgeworfen wird, in der Erzeugung der Farben hervorbringen. Es ergiebt sich aus diesen Versuchen unter andern, daß die verschiedenfarbigen Strahlen, aus welchen das weiße Licht zusammengesetzt ist, sich mittelst eines bloßen sehr dünnen Glimmerblättchens aus dem weißen Lichte scheiden und einzeln darstellen lassen; und diese Art, sie darzustellen, hat vor jedem Verfahren, bei welchem man sich eines Prisma bedient, den großen Vorzug, daß die Bilder der Gegenstände nicht entstellt werden.

Unter übrigens gleichen Umständen nimmt das Vermögen der Glimmerblättchen, die verschiedenfarbigen Strahlen des Lichtes verschieden zu depolarisiren, mit der Dicke der Blättchen ab. Herr Arago hat gefunden, daß die Blättchen sich bis zu einer solchen Dünne herabbringen lassen, daß sie nicht bloß keine Farben mehr erscheinen machen, sondern selbst keinen Strahl des weißen Lichts depolarisiren, wenn die Ebene des Blättchens auf die, in welcher sich die polarisirten Strahlen befinden, senkrecht steht.

## 4.

Die *Blätter des Gypsspathes* (oder sogenannten *Marienglasjes*) verhalten sich gegen das Licht auf dieselbe Art, als die des Glimmers, bei ihnen werden aber die Farben sehr viel lebhafter. Hr. Arago hat sich daher ihrer bedient, um die Natur der Farben zu studiren, welche man wahrnimmt, wenn man nicht - polarisirte Lichtstrahlen auf sie fallen läßt. Die Grenzen dieses Auszugs erlauben uns nicht, das Detail dieser Versuche mitzutheilen. Wir begnügen uns daher zu sagen, daß sich aus ihnen unter andern auf eine unwiderlegliche Art ergibt, daß die Urfache der Farben nicht einzig und allein in der verschiednen Dicke dieser Blättchen zu suchen ist, wie man das bisher gethan hat; denn wenn man sie sich drehen läßt, ohne daß dabei der Einfallswinkel des Strahls auf sie verändert wird, so gehen sie bei jeder Viertel-Umdrehung einmal durch Weiß hindurch, und in den Zwischenlagen nehmen sie verschiedene Farben an.

## 5.

Es kömmt überdies die Eigenschaft, die verschiedenen farbigen Strahlen des Lichts verschieden zu depolarisiren, den dünnen blättrigen Körpern nicht ausschließlichs zu. Hr. Arago theilt in seinem Aufsatze eine Reihe von Versuchen mit, welche er mit einer gut polirten Platte *Bergkrystall*, die über 6 Millimeter dick war, angestellt hat; sie gab Erscheinungen, welche den vorigen völlig ähnlich sind. Zuerst überzeugte er sich, daß diese sehr regelmälsig gearbeitete Platte

die direkten Lichtstrahlen auf keine Art modificirt. Er brachte sie nemlich vor das Objectiv eines prismatischen Fernrohrs \*); die beiden Bilder, [welche das verdoppelnde Prisma macht] blieben weiß und von gleicher Intensität, und beide waren eben so scharf begränzt, als wenn man die Platte von Bergkry stall vor dem Objective fortnahm. Er richtete darauf das bloße Fernrohr auf ein Bild, das von einem unbelegten Spiegelgla se zurückgeworfen wurde, z. B. auf das Bild der Sonne; war die Axe des Fernrohrs ungefähr unter  $35^{\circ}$  gegen das Spiegelglas geneigt, so war in gewissen Lagen des innern Prisma nur ein einziges Bild der Sonnenscheibe vorhanden. Brachte er aber, unter übrigens unveränderten Umständen, die Bergkry stall-Platte vor das Objectiv, so erschien das zweite Bild, jedoch im lebhaftesten Roth. Und in demselben Augenblick zeigt sich das erste Bild, das zuvor weiß war, mit der complementairen Farbe des Roth. Uebrigens sind die Ränder der beiden Bilder der Sonne eben so scharf begränzt, als wenn man die Sonne unmittelbar [ohne Bergkry stallplatte] beobachtet.

Läßt man die Bergkry stall-Platte vor dem Objectiv, dreht aber das Fernrohr um seine Axe \*\*), so

\*) D. h. eines solchen Fernrohrs, von dem der vorige Aufsatz handelt, welches zum Behuf mikrometrischer Messungen nach Rochon's Art mit einem Prisma aus verdoppelndem Kalkspath versehen ist.  
*Gilbert.*

\*\*) Man darf nicht vergessen, daß sich in der Axe des Fernrohrs ein verdoppelndes Prisma aus rhomboidalischem Kalkspath befindet.  
*Gilbert.*

findet man, daß während jeder *halben Umdrehung* beide Bilder die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen, so daß die rothe Sonne der Folge nach orangegelb, gelb, grünlichgelb, bläulichgrün, blau und veilchenfarbig wird; und dann hat das Fernrohr schon eine halbe Umdrehung vollendet. Führt man fort, es nach derselben Richtung um die Axe zu drehen, so geht das veilchenfarbige Bild in ein rothes, dieses in ein orangefarbnnes über, und so ferner. Während der Zeit durchläuft das zweite Bild die complementairen Farben der ersten. Läßt man das Fernrohr in unveränderter Lage, und dreht die Bergkrystall-Platte in ihrer Ebene, so verändert dieses in den Farben der beiden Bilder nichts; stellte man dagegen diesen Versuch mit einem Blatt Glimmer oder Gyps­path an, so würde man jedes Bild bei jeder Viertel-Umdrehung einmal verschwinden sehen.

Man erhält ganz dieselben Resultate, als die hier erzählten, wenn man statt der Lichtstrahlen, die durch Zurückwerfung von einem Spiegelglaße polarisirt werden, Strahlen nimmt, die beim Durchgehn durch ein Kalk­spath-Rhomboeder modificirt sind, welches ein Beweis mehr ist für die völlige Identität der auf die eine und die andere Art polarisirten Strahlen. Das prismatische Fernrohr gewährt aber den Vortheil, daß man damit lebhaftere Farben erhält. Daß die Bilder beide scharf begränzt sind, ist Beweis, daß die Strahlen beim Depolarisiren nicht ungleich zerstreut werden, wie man sonst wohl

hätte vermuthen können. Da die Strahlen durch die verschieden gekrümmten Linsengläser, welche das Objectiv ausmachen, hindurchgegangen sind, bevor sie auf das innere Prisma fielen, so geht hieraus noch hervor, daß diese Strahlen in dem verdoppelnden Krytall eine bleibende Modification erhalten haben. Endlich giebt diese Methode ein Mittel an die Hand, darzuthun, daß die Farben der beiden Bilder sich ganz genau zum Weiß ergänzen; man stelle nämlich das Prisma so, daß die beiden Bilder der Sonne um ihren halben Durchmesser auseinander rücken; das Stück, welches den beiden Bildern mit einander gemein ist, bleibt dann während einer ganzen Umdrehung des Fernrohrs um seine Axe vollkommen weiß, während die beiden auseinander fallenden Segmente der Bilder zweimal der Reihe nach in allen prismatischen Farben, und zwar zu gleicher Zeit jedes in der ergänzenden Farbe des andern erscheinen. Hr. Arago zeigt in seiner Abhandlung, wie man diese Beobachtung brauchen könne, um die Intensitäten der verschiednen Theile der Sonnenscheibe mit einander zu vergleichen.

Die Bergkrytall-Platte wirkt auf die verschieden farbigen Lichttheile nur dann verschieden, wenn die hindurchgehenden Lichtstrahlen in Lagen auf sie auffallen, die nur wenig von der senkrechten verschieden sind. Denn wenn man sie allmählig immer mehr neigt, während die Ebene, worin sich die zurückgeworfnen Strahlen befinden, auf ihr senkrecht bleibt, so findet man bald eine Lage, in der man

nur ein einziges Bild gewahr wird. Es läßt sich selbst dem Bergkrystall eine Lage geben, in welcher er das Licht ganz depolarisirt, und auf die Lichttheilchen von verschiedner Natur, aus denen ein weißer Strahl besteht, auf einerlei Art einwirkt.

## 6.

Die Lage der Bergkrystall-Platte in ihrer Ebne hat also, wie aus diesen Versuchen erhellt, keinen Einfluß auf die Erscheinungen, welche sie durch ihre Einwirkung auf das Licht hervorbringt; — indess in dem Glimmerblatte und der Gypspathplatte die Lage ihrer Hauptschnitte einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Erscheinen des zweiten Bildes äußert. Es war daher interessant nachzuforschen, ob die krySTALLISCHEN Körper allein das Vermögen besitzen, die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen auf verschiedene Art zu depolarisiren. Hr. Arago kündigt in seiner Abhandlung an, er habe nicht-krySTALLISIRTE Körper gefunden, welche diese Eigenschaft besitzen, einige stärker, andere schwächer. Die Versuche, welche er anführt, sind mit einer etwas prismatischen *Platte Flintglas*, von 85 Millimeter Seite angestellt, welche in allen Stellen die Lichtstrahlen depolarisirt. Folgendes ist das Verfahren, wie er es angiebt.

Wenn man einen Gegenstand durch zwey verdoppelnde Prismen betrachtet, so nimmt man bekanntlich vier Bilder wahr, die beiden Fälle ausgenommen, wenn die Hauptschnitte beider ein-

ander parallel oder auf einander senkrecht sind. Und hierbei ist es einerlei, ob die Lichtstrahlen aus dem ersten Prisma unmittelbar in das zweite treten, oder ob sie zwischen beide durch irgend eine Anzahl durchsichtiger Mittel, welche keine doppelte Strahlenbrechung ausüben, hindurchgehn. Bringt man indeß zwischen beide die oben erwähnte Flintglas-Platte, so sieht man auch in dem Fall vier Bilder, wenn man der Lage der beiden Prismen zu Folge nur zwei Bilder sehen sollte. An einigen Stellen zeigen sie Farben, das eine eine solche, welche die des andern Bildes ergänzt; in den mehrsten Stellen sind dagegen die Bilder vollkommen weiß. Uebrigens verhält sich die Platte immer so, als wäre sie krySTALLISIRT, weil die beiden neuen Bilder bey jeder Viertel-Umdrehung der Platte verschwinden, vorausgesetzt jedoch, daß man Sorge trage, die Lichtstrahlen immer durch dieselben Stellen hindurchgehn zu lassen; denn es ist nichts Seltenes, zwei aneinander stoßende Stellen zu finden, deren Brechungsaxen einander nicht parallel sind.

Man sieht hieraus, daß jenes Wiederer scheinen des zweiten Bildes, welches ein bequemes Mittel zu seyn schien, das Vorhandenseyn der doppelten Strahlenbrechung in den krySTALLISIRTE Körpern und zugleich die Lage ihrer Axen zu erkennen, — kein hinlänglich sicheres Kennzeichen ist; denn ein Stück Flintglas, welches die Bil-



der nicht verdoppelt, thut jenen Bedingungen Genüge \*).

## 7.

Im Februar dieses Jahrs hatte Hr. Arago der Klasse eine Abhandlung über die gewöhnlichen und bekannten *Farbenringe* vorgelegt. In dem letzten Abschnitte des Aufsatzes, von dem wir hier reden, beschreibt er eine neue Gattung farbiger Streifen, die sich unter gewissen Umständen selbst auf dicken Platten einiger krySTALLisirten Körper sehr sichtbar machen. Wir haben oben von den Farben geredet, welche eine dicke Platte BergkrySTALL hervorbrachte. Diese Farben erscheinen nicht durch alle Platten von BergkrySTALL, und scheinen daher eine eigenthümliche Anordnung in den Lagen vorauszusetzen, aus denen der KrySTALL besteht. Die Farbenstreifen, von denen hier die Rede ist, lassen sich dagegen auf allen Stückchen BergkrySTALL wahrnehmen, welche man mit polarisirtem Lichte erleuchtet, wofür nur ihre Dicke nicht constant ist. In einer Linse sind sie kreisförmig; in einem Prisma parallel mit der brechenden Schneide, so daß ihre Gestalt immer von der des brechenden Mittels abhängt. Bei gewissen Krümmungen der Linsengläser sind die Farbenringe mit bloßem Auge sehr sichtbar; in andern Fällen ist es nothwendig, daß man ein stark zerstreues Prisma zu Hülfe nehme, wenn man sie wahrnehmen will. Uebrigens ist das beste Mit-

\*) Man übersehe hierbei nicht, was Hr. Malus in dem zweiten der hier mitgetheilten Aufsätze sagt. *Gilbert.*

tel, sie recht in die Augen fallend zu machen, die Platte durch ein Prisma aus Kalkspath zu betrachten; denn dann sieht man beide Bilder mit schönen Reihen gefärbter Ränder einander ergänzender Farben umgeben (*chaque image bordée d'une belle série de bandes colorées et complémentaires l'une de l'autre*). Schon dieser einzige Umstand würde beweisen, daß diese Ringe ihren Grund darin haben, daß die verschieden farbigen Lichtstrahlen in den verschiedenen Dicken der Platte der Reihe nach depolarisirt werden. Noch besser wird dieses aber dadurch bewiesen, daß, auf welche Weise man auch diese Ringe untersuche, sie immer in vier auf einander rechtwinklichen Lagen des Mittels, auf dem sie sich bilden, verschwinden.

Die Grenzen dieses Auszugs zwingen uns, mehrere andre Beobachtungen zu übergehn, die der Verfasser im Detail mittheilt, und die sich besonders auf die letzte Frage beziehen.

## 8.

Um indeß die Resultate dieser Untersuchungen unter einem einzigen Gesichtspunkte zusammen zu fassen, setzen wir hierher die *Uebersicht*, mit der Hr. Arago seine Abhandlung beschließt.

Ein directer Lichtstrahl theilt sich immer, indem er durch ein Kalkspath-Rhomboeder hindurchgeht, in zwei Bündel weissen Lichtes, welche von gleicher Intensität sind. Läßt man auf einen dieser beiden Lichtbündel ein zweites Kalkspath-Rhomboeder einwirken, so zeigt sich, daß er dem di-

recten Lichte nicht mehr ähnlich ist; denn in gewissen Lagen des Hauptschnitts dieses zweiten Krystalls leidet es keine doppelte Brechung. Diese schöne Eigenschaft hat Huyghens entdeckt.

Herr Malus hat seitdem gefunden, daß das Licht, wenn es von durchsichtigen Körpern zurückgeworfen wird, eine ähnliche Modification erleidet, so daß ein Lichtstrahl, der unter einem gewissen Winkel von ihnen zurückgeworfen wird, vollkommen einem Strahle gleicht, der durch ein Kalkspath-Rhomboeder hindurchgegangen ist.

Aus den hier beschriebenen Versuchen erhellt, daß ein Lichtstrahl sich überdiß so modificiren läßt, daß er nicht mehr weder einem Strahle directen, noch einem Strahle polarisirten Lichtes gleicht. Von dem polarisirten Lichte unterscheidet sich dieser neue Strahl dadurch, daß er immer zwei Bilder giebt, und von dem directen Lichte unterscheidet er sich durch seine Eigenschaft, sich stets in zwei Bündel farbigen, sich ergänzenden Lichtes zu theilen, deren individuelle Farben von der Lage des Körpers abhängen, durch die der Lichtstrahl hindurchgegangen ist.

Wenn ein directer Lichtstrahl auf einen durchsichtigen Körper auffällt, so wird immer ein Theil der Lichttheilchen zurückgeworfen. Dagegen geht ein polarisirter Lichtstrahl (abgesehen von der Absorption der Lichttheilchen) ganz durch den durchsichtigen Körper hindurch, wenn dieser eine gewisse Lage in Beziehung auf die Seiten des Strahls hat. Die ver-

schiednen Lichttheilchen eines weissen Strahls, der auf die hier erwähnte besondre Art modificirt ist, werden nur allmählig, einer nach dem andern, in der Ordnung ihrer Farben zurückgeworfen, wenn man den durchsichtigen Körper so um den Strahl dreht, daß er mit ihm immer einerlei Winkel macht.

Wenn folglich ein Bündel directen Lichtes auf einen Glaspiegel ungefähr unter einem Winkel von  $35^\circ$  auffällt, und man den Spiegel, ohne die Neigung desselben gegen den Strahl zu ändern, um den Strahl dreht, so wird man finden, daß die Menge von Licht, welche zurückgeworfen oder welche gebrochen wird, immer dieselbe ist. Ist dagegen der Strahlenbündel zuvor polarisirt worden, so giebt es zwei Lagen, in welchen alles Licht durch den Körper hindurch geht. Wenn endlich, während alle übrige Umstände gleich sind, der Glaspiegel von Strahlen, die durch eine Bergkrystall-Platte modificirt worden, erleuchtet wird, so zeigt er sich während jeder halben Umdrehung der Reihe nach mit der ganzen Folge der prismatischen Farben gefärbt, sowohl durch Zurückwerfung, als durch Brechung, mit der Eigenthümlichkeit, daß in demselben Augenblicke diese beiden Klassen von Farben einander zum Weiß ergänzen.

Noch beweisen die angeführten Versuche, daß sich auf den krystallisirten Körpern farbige Ringe bilden, deren Erscheinen nicht bloß von Veränderungen der Dicke des durchsichtigen Körpers ab-

hängen, gleich den farbigen Ringen, welche Newton beschrieben hat. Diese letztern zeigen sich auf allen sehr dünnen Körpern, deren Dicke sich allmählig verändert, von welcher Natur auch das auffallende Licht sey. Jene erscheinen nur dann auf etwas dicken Platten von Bergkry stall, wenn sie von schon polarisirtem Lichte erleuchtet werden. Auch verschwinden sie während jeder Umdrehung der Platte in ihrer Ebene vier Mal.

Da die oben erwähnte Flintglas-Platte die Bilder nicht verdoppelt, so sieht man endlich, daß es Körper giebt, welche die doppelte Strahlenbrechung nicht besitzen, sich aber doch in Rücksicht der polarisirten Strahlen eben so verhalten, als käme ihnen diese Eigenschaft zu.

---

V.

ZWEITE FORTSETZUNG

*des Versuchs, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur mit einander verbunden sind;*

VON

JACOB BERZELIUS,

Prof. der Medic. u. Pharm. und Mitgl. der Königl. Akad.  
der Will. zu Stockholm.

*Die Salpetersäure und die salpetersauren Salze, als Beweise, daß der Stickstoff nicht chemisch einfach ist \*).*

In meiner Abhandlung und in der ersten Fortsetzung derselben glaube ich die Lehre völlig bewiesen zu haben, daß alle Salze nach einem solchen Ver-

\*) Herr Prof. Berzelius hat mir die erste dieser drei von ihm deutlich geschriebenen Untersuchungen als eine Zugabe zu der *Ersten Fortsetzung* seiner Abhandlung (*Annal. J. 1811. St. 6. od. N. F. B. 8. S. 161 f.*) und die beiden andern als einen Theil des wichtigen Aufsatzes, welchen ich dem Leser in den folgenden Stücken, als *Dritte Fortsetzung*, vorlegen werde, zugeschickt. Beide Original-Aufsätze treten hier zum ersten Male in das Publikum, und bei ihrem hohen wissenschaftlichen Interesse habe ich geglaubt keine Sorgfalt sparen zu müssen, um die Pflichten des Herausgebers ganz zu erfüllen und sie dem Leser in der empfehlendsten Gestalt vorzulegen. Vereinigung des Gleich-

hältniffe aus Säure und Basis zufammengesetzt find, daß der in der Säure enthaltene Sauerstoff ein Vielfaches nach einer ganzen Zahl von dem in der Basis enthaltenen Sauerstoff ist. Bei diesen Erörterungen ist indeß von der Salpetersäure noch nicht die Rede gewesen. Ich wollte die Analyse der salpetersauren Salze nicht eher als bei meinen Untersuchungen der thierischen Substanzen bekannt machen; sie reihen sich indeß besser hier an, da sie theils den erwähnten Satz bestätigen, theils als ein Nachtrag zu meinen Beweisen dienen können, daß der Stickstoff ein zusammengesetzter Körper ist; ein Beweis, welchen ich in der ersten Fortsetzung meiner Abhandlung geführt habe.

### 1. Die Salpetersäure;

*Versuch, ihre Zusammensetzung durch ihre Sättigungs-Capacität zu bestimmen.*

Eine große Schwierigkeit bei dieser Untersuchung liegt darin, daß die salpetersauren Salze ihres Kry stallwassers nicht beraubt werden können, ohne daß ein größerer oder kleinerer Theil von der Säure sich zersetzt, daher man von der rückständigen Menge der Basis nicht mit Sicherheit auf

artigen in ein Ganzes, und Ruhepunkte in diesen eben so neuen als interessanten Untersuchungen, Ichienen mir aber bei der Anordnung derselben, (welche nach bester Einsicht zu treffen das Vertrauen des Hrn. Verfassers mich berechtigte,) mehr zu berücksichtigen zu seyn, als wenige Beziehungen auf einiges, was erst in dieser Fortsetzung genügender darge than ist.

Gilbert.

die der Säure schließen kann; ein Umstand, der mich sehr lange von dieser Untersuchung abhielt. Da es aber für die Beurtheilung meiner Analysen der thierischen Körper nothwendig wurde, auszumitteln, in wiefern der Stickstoff, durch seine modificirten elektrischen Eigenschaften, als ein einfacher Körper angesehen werden könne, entschloß ich mich zu versuchen, diese Schwierigkeiten zu übersteigen, und das ist mir weit über meine Hoffnung gelungen. Die salpetersauren Salze, welche ich zu dieser Untersuchung wählte, waren *salpetersaurer Baryt*, *salpetersaures Bleioxydul* und *salpetersaures Ammoniak*.

*Salpetersaurer Baryt.*

Um dieses Salz völlig rein zu erhalten, erhitzte ich es in einem silbernen Tiegel bis zum Glühen, löste es dann in Wasser auf, filtrirte die Auflösung, sättigte sie mit reiner Salpetersäure, und dampfte sie bis zur Krystallisation ab. Um ferner das Krystallwasser zu bestimmen, welches ich in dem Salze vermuthete, brachte ich 10 Grammen in eine kleine gewogene Retorte, welcher eine mit salzsaurem Kalk gefüllte und ebenfalls gewogene gläserne Röhre, statt Vorlage, angepaßt war. Der salpetersaure Baryt knisterte in der Hitze und zersprang zu einem feinen Pulver. Ich erhitzte ihn, bis das geschmolzene Salz Sauerstoffgas zu entbinden anfang. Die Retorte hatte nun 0,052 Gr. an Gewicht verloren, und die Röhre 0,046 Gr. an Gewicht zuge-



nommen. Ich habe gezeigt \*), daß das Wasser, welches ein Salz durch Knistern verliert, kein Kry stallwasser seyn kann, sondern in den Kry stallen nur mechanisch eingeschlossen ist; es kann daher durch das Pulvern und Trocknen an einem warmen Orte sehr leicht entfernt werden. Es ist auch aus den dort angeführten Ur sachen zu vermuthen, daß die Kry stallen, welche in der Hitze verknistern, kein chemisch gebundenes Wasser enthalten. Ich sehe dieses Verhalten des salpeter sauren Baryts also als einen Beweis an, daß er kein Kry stallwasser enthält.

Es wurden 10 Grammen feingepulverter und sehr stark getrockneter salpeter saurer Baryt in einem gewogenen Platintiegel in Wasser aufgelöst, und mit Schwefelsäure niedergeschlagen; die Mischung wurde darauf eingetrocknet und geglühet. Der geglühete schwefelsaure Baryt wog 8,867 Gr., und nach der *Ann. B. 8. S. 169.* mitgetheilten Analyse enthielt er 5,825 Theile Baryt. Folglich hatten 100 Theile Salpetersäure 140 Th. Baryt, worin sich 14,64 Th. Sauerstoff befinden, gesättigt.

Zehn andere Gr. salpeter saurer Baryt wurden in Wasser aufgelöst und mit schwefelsaurem Ammoniak niedergeschlagen. Der schwefelsaure Baryt wog nach völligem Ausglühen 8,907 Gr. Diese enthalten 5,846 Th. Baryt, und 100 Th. *Salpetersäure*

\*) In der ersten Fortsetzung *Ann. B. 8. S. 167.* Anm., und noch genügender in der dritten Fortsetzung, welche in dem nächstfolgenden Stück erscheint.

*Gilbert.*

sättigen hiernach 140,73 Theile *Baryt*, worin sich 14,73 Th. *Sauerstoff* befinden.

*Salpeterfaures Bleioxydul.*

Ganz ähnliche Erscheinungen, wie bei dem vorhergehenden Salze, in Ansehung des Wassergehalts, berechtigen auch bei diesem Salze zu dem Schlusse, daß es kein Kry stallwasser enthält.

Zwanzig Grammen feingepulvertes und sehr stark getrocknetes salpeterfaures Bleioxydul in einem gewogenen Platintiegel geglühet, gaben 13,445 Gr. Bleioxydul. Es enthalten also 100 Th. von diesem Salze 67,2225 Th. Bleioxydul und 32,7775 Th. Salpetersäure; oder 100 Th. *Salpetersäure* sättigen 205,1 Th. *Bleioxydul*, welche 14,66 Th. *Sauerstoff* enthalten \*).

Diese beiden Versuche scheinen zu beweisen, daß 100 Th. Salpetersäure so viel Basis sättigen, als 14½ Theile Sauerstoff enthält. Ist aber diese Säure zusammengesetzt aus 30,5 Th. Stickstoff und 69,5 Th. Sauerstoff, wie Hr. Gay-Lussac in seiner Abhandlung über die Verbindungen der gasförmigen Körper eines mit dem andern (Gilb. Annal. d. Phys. 1810. St. 9. S. 6 f.) darthut, so ist ihre Sauerstoffmenge (69,5) kein Multiplum nach einer ganzen Zahl von 14,66, sondern fällt zwischen dem 4fachen und dem 5fachen dieser letztern Zahl. Betrachtet man dagegen die Salpetersäure als aus 100

\*) Da 100 Th. Bleioxydul 7,15 Th. Sauerstoff in sich schließen, Ann. N. F. B. 7. S. 330. G.

Theilen Ammonium und 62 Theilen Sauerstoff zusammenge setzt, wie ich (*Ann. B. 8. S. 186.*) gethan habe, oder in 100 Theilen aus 13,12 Th. Ammonium und 86.88 Th. Sauerstoff, so hat man allerdings  $14,66 \times 6 = 87,9$ , und dann enthält also die Salpetersäure 6 Mal so viel Sauerstoff, als die Basis, wovon sie gesättigt wird. Der kleine Unterschied von 1 Procent zwischen der nach der Zusammensetzung der Basis und der nach der Wie gung der Gasarten gemachten Bestimmung findet, wie wir gesehen haben, auch bei der Kohlen säure Statt, und beruhet also nicht auf Irrthum im Princip, sondern auf einem kleinen Fehler in den Zahlen, auf welchen die Berechnung gegründet ist.

Vielleicht macht man mir den Einwurf, daß, wenn gleich die hier analysirten Salze kein Kry stallwasser durch das Verknüpfen hergegeben haben, sie doch das Kry stallwasser so fest können gehalten haben, daß es nicht eher als mit der Säure sich ab schied; und gesetzt, sie enthielten gerade so viel Kry stallwasser, daß der Sauerstoff desselben dem der Basis gleich wäre \*), so würde die rückständige Salpetersäure, als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammenge setzt betrachtet, nicht ganz 4 Mal so viel Sauerstoff, und als aus Ammonium und Sauerstoff

M 2

\*) Denn auch das Kry stallwasser ist nach Hrn. Prof. Berzelius dem Gesetze unterworfen, welches er für die Verbindungen in der unorganischen Natur aufgefunden hat, wie man in der dritten Fortsetzung seiner Abhandlung finden wird.

Gilbert.

zusammengesetzt angesehen, genau 5 Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthalten. Ich will diesen Einwurf an dem folgenden Salze prüfen.

*Salpeterfaures Ammoniak.*

Dieses Salz müßte nach der letztgenannten Ansicht so zusammengesetzt seyn, daß 100 Th. Ammoniak 267 Th. Salpetersäure sättigen \*). Nach dem Volumen der gasförmigen Bestandtheile gerechnet, wie sie Hr. Gay-Lussac angiebt, sind aber enthalten:

in der Salpetersäure auf 100 Cubik-Zoll Stickgas  
200 Cub. Zoll Sauerstoffgas;  
in dem Ammoniak auf 100 Cub. Zoll Stickgas  
300 Cub. Zoll Wasserstoffgas.

Man sieht leicht ein, daß die Säure in diesem Fall nur ein Vielfaches nach einer ganzen Zahl von dem Sauerstoff des Stickstoffs, nicht aber von der ganzen Sauerstoffmenge des Ammoniaks, enthalten kann. Wäre also dieses die wahre Zusammenfetzung, so könnte das nichts für oder gegen die Zusammenfetzung des Stickstoffs beweisen; es wäre aber allerdings als ein Beweis anzusehen, daß der Wasserstoff keinen Sauerstoff enthält.

Im Fall dieses die wahre Zusammenfetzung wäre, so würde das salpeterfaure Ammoniak, wenn es in der Hitze langsam zersetzt wird, gleiche Theile oxydirtes und reines Stickgas geben; denn 300 C. Z.

\*) Es enthalten nämlich nach dieser Ansicht (*Ann. B. 8. S. 180.*) auf 100 Th. Ammonium das Ammoniak 88 und die Salpetersäure 662 Theile Sauerstoff. *Gilbert.*

Wasserstoffgas nehmen 150 C. Z. Sauerstoffgas auf, und die rückständigen 50 C. Z. Sauerstoffgas bilden mit 100 C. Z. Stickgas 100 C. Z. oxydirtes Stickgas, und es müßten folglich 100 Th. Stickgas entbunden werden. Nun wissen wir aber, daß der Stickstoffgehalt des aus salpeterfaurem Ammoniak erhaltenen oxydirten Stickgases nicht beträchtlich ist, obgleich er niemals ganz fehlt. Diese Ansicht der Zusammensetzung des salpeterfauren Ammoniaks kann also unmöglich richtig seyn.

Da salpeterfaurer Baryt, der mit schwefelsaurem Ammoniak gemischt sich zersetzt, die Neutralität nicht verändert, so ist es klar, daß das Ammoniak das nämliche Sättigungs-Gesetz gegen die Salpetersäure in Hinsicht der feuerfesteren Salz-Basen als gegen die übrigen Säuren beobachtet. Und daraus erhellt, daß, da 100 Th. Salpetersäure sich mit einer Menge Baryt oder Bleioxydul, welche 14,66 Th. Sauerstoff enthält, neutralisiren, sie auch von Ammoniak so viel, als die nämliche Sauerstoffmenge enthält, sättigen müssen. Das *salpeterfaure Ammoniak* muß daher folgendermaßen zusammenge setzt seyn:

Salpetersäure	76,18	100,000	320
Ammoniak	23,82	31,266	100
	100,000	131,266	420

Da aber das salpeterfaure Ammoniak nicht ohne Kry stallwasser dargestellt werden kann, so läßt sich diese Bestimmung auch nicht directe prüfen. Es ist aber zu vermuthen, daß es, wie das

salzsaure Ammoniak, eine Menge Wasser enthält, deren Sauerstoff an Menge dem der Balis gleich ist, daß folglich in dem salpeterlauren Ammoniak den dritten Theil so viel Krystallwasser enthalten ist, als das Alkali, wenn man es durch Oxydirung zersetzt, hervorbringen kann. Diesem zu Folge müssen 100 Th. Salpetersäure mit 31,266 Th. Ammoniak und mit 16,61 Th. Wasser das krystallisirte Salz darstellen, und es bestünde also *krystallisirtes salpetersaures Ammoniak* in 100 Theilen aus

Salpetersäure	67,625
Ammoniak	21,143
Wasser	11,232
	<hr/>
	100,000

Um dieses näher zu prüfen, mischte ich in einer kleinen gewogenen gläsernen Retorte 5 Grammen krystallisirtes und trocknes salpeterlaures Ammoniak mit 10 Gr. feingepulverten, reinen, neugebrannten Kalk. An die Retorte paßte ich eine kleine tubulirte und gewogene Vorlage, worin sich ein wenig ungelöschter Kalk befand, und aus deren Tubulus eine mit salzsaurem Kalk gefüllte Glasröhre dem Ammoniakgas Ausgang verschaffte. Die Retorte wurde 12 Stunden lang auf einer Sandkapelle, bei einer Temperatur, die zur Zersetzung des neugebildeten salpeterlauren Kalks nicht hinreichend war, erhitzt; und nun hatte die kleine Retorte 1,1 Gr. verloren, die Vorlage aber und das Alkali 0,059 Gr. an Gewicht zugenommen. Beide rochen noch etwas nach Ammoniak, ein Zeichen,

dafs sie mit dem Wasser noch eine kleine Menge Ammoniak zurückhielten. Es hatten also in diesem Versuch 100 Th. salpeterfaures Ammoniak 20,82 Th. Ammoniak hergegeben, welches nur um  $\frac{12}{10000}$  von dem abweicht, was es nach der Berechnung geben sollte, eine Abweichung, die theils von den nicht zu überwindenden Unvollkommenheiten der Versuche, theils vielleicht auch von kleinen Fehlern in den Zahlen, auf welche die Berechnung gegründet ist, herrührt. Als ich aus dem salpeterfauren Kalk das Wasser her austreiben wollte, wobei ich an die Retorte eine mit salzsaurem Kalk gefüllte gläserne Röhre angepaßt hatte, zersetzte sich zugleich die Säure, und der Versuch gab kein anwendbares Resultat.

Wenn, wie diese Versuche einstimmig zu beweisen scheinen, die hier bestimmte Zusammensetzung des salpeterfauren Ammoniaks die wahre ist, so läfst es sich nicht ganz in Wasser und oxydirtes Stickgas verwandeln, sondern es mufs dabei immer eine Portion Stickgas entbunden werden, welche  $\frac{1}{2}$  von dem der Säure oder  $\frac{1}{4}$  von dem des Alkali beträgt. Gewöhnlich entsteht aber mehr Stickgas, weil die Temperatur zu sehr erhöht wird, und es bildet sich freie Säure, welche theils mit dem Wasser überdestillirt, theils sich in der Retorte bei dem Salze anhäuft. Je höher die Temperatur gesteigert worden, desto mehr Säure wird frei, und desto mehr Stickgas wird entbunden, so dafs bei völliger Detonation gar kein oxydirtes Stickgas gebildet wird.

In einem Versuch, bei welchem ich 5 Gr. salpeterfaures Ammoniak in eine kleine Retorte über einer Spirituslampe langsam zerlegte, das Wasser in einer gewogenen Vorlage aufsing und das Gas durch eine mit salzsaurem Kalk angefüllte gläserne Röhre herausleitete, war das erhaltene Wasser schwach sauer und salzig. Es wog mit dem, welches der salzsaure Kalk aufgenommen hatte, 2,3 Gr.; nach der Abdampfung liefs es 0,295 Gr. salpeterfaures Ammoniak zurück. Das Wasser betrug also nur 2,005 Gr. In der Retorte blieben 0,345 Gr. noch unzerlegtes und hervorstechend saures Salz zurück. Wenn wir von der im Wasser und in dem Salze enthaltenen freien Säure absehen, waren nur 4,365 Gr. Salz zerlegt worden, welche 2,005 Gr. Wasser hervorgebracht und einen Verlust von 2,36 Gr. an entwichenem Gas gelitten hatten. Von diesem Wasser mußte, dem obigen Princip gemäß,  $\frac{1}{4}$  oder 0,50 Gr. Kry stallwasser seyn. Berechnen wir nun, wie viel Kry stallwasser die 4,365 Gr. salpeterfaures Ammoniak, nach der obigen Bestimmung von 11,232 auf 100, enthalten, so finden wir 0,4905 Gr. Nach der nemlichen Bestimmung mußte das aus 4,365 Gr. Salz entweichende Gas 2,4 Gr. betragen. Wenn wir uns nun erinnern, daß sowohl das unzerlegte Salz als das erhaltene Wasser freie Säure enthielten, so sieht man sehr leicht ein, daß diese kleine Abweichung von  $\frac{1}{360}$  von dem Gewichte des Salzes in dem gefundenen von dem berechneten Resultate, von diesem Säure-Ueberschuß herzuleiten ist; denn



indem dieser Ueberschuß das Gewicht des unzerlegten Salzes vermehrt, muß er zugleich das Gewicht der Produkte der Zerlegung vermindern. Ich sehe also diesen Versuch als einen neuen Beweis für die Richtigkeit der hier bestimmten Zusammensetzung der salpetersauren Salze an.

### R e s u l t a t e.

Als allgemeines Resultat geht aus diesen Versuchen folgendes hervor:

1. *In den salpetersauren Salzen enthält die Säure 6mal so viel Sauerstoff, als die Basis, und da dieses, wenn man die Säure als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt betrachtet, nicht eintritt, so müssen wir die Salpetersäure als aus Ammonium und Sauerstoff zusammengesetzt ansehen.* Kann aber der Stickstoff in den salpetersauren Verbindungen, wo das Ammonium sich in der positiv-elektrischen Modification befindet, *nicht als Elementar-Bestandtheil betrachtet werden*, so dürfte dieses wohl nirgends in der organischen Natur der Fall seyn.

2. *Das salpetersaure Ammoniak ist so zusammengesetzt, daß die Salpetersäure doppelt so viel Sauerstoff enthält, als erforderlich ist, um den aus dem Ammoniak hervorzubringenden Wasserstoff zu sättigen.* Das *krySTALLisirte Salz* enthält eine Menge KrySTALLwasser, dessen Sauerstoff dem des Alkali gleich ist. Der Stickstoff der Säure steht zu dem des Alkali in dem Verhältnisse von 5:4. Das Ammo-

nium in dem Alkali verhält sich aber zu dem in der Säure wie 6:5. Bei der Zersetzung dieses Salzes in der Hitze wird  $\frac{1}{5}$  der ganzen Stickstoffmenge als Stickgas entbunden. — Dieses ist die allgemeine Regel der Zusammenfetzung des falpeterfauren Ammoniaks. Diese Zahl-Bestimmungen können jedoch nur dann erst als *völlig richtig* angesehen werden, wenn die Zusammenfetzung derjenigen Körper, aus denen dieses Salz besteht, oder die aus demselben gebildet werden können, mit ihnen, diesen Regeln gemäß, bis in den letzten Ziffern völlig übereinstimmen; bis dahin dürfen sie nur für Näherungen gelten, die jedoch in so fern von großem Werthe sind, als sie uns mit einiger Sicherheit auf die Spuren der Gesetze der Natur führen.

Dafs das Ammonium des Alkali hier nicht ein Multiplum nach einer ganzen Zahl von dem der Säure ist, beruhet auf der nämlichen Ursache, als die scheinbar anomalisthen Vermehrungsstufen mehrerer brennbaren Körper, von denen ich theils schon gesprochen habe, theils bei den vegetabilischen Säuren umständlicher zu sprechen Gelegenheit haben werde.

Die Analyse des falpeterfauren Ammoniaks läßt sich als ein förmlicher Beweis für den Sauerstoff-Gehalt des Wasserstoffs ansehen; denn nur dieser kann Ursache seyn, dafs der Sauerstoff der Säure, wenn man sie als aus Stickstoff zusammenfetzt betrachtet, kein Multiplum nach einer ganzen Zahl von dem der Basis ist. Diese Analyse scheint aber

auch zugleich zu beweisen, daß ich in der ersten Fortsetzung meiner Abhandlung (*Ann. B. 8. S. 184 u. 186.*) den Sauerstoff-Gehalt des Wasserstoffs sehr viel und vielleicht wenigstens 4 Mal zu hoch angenommen habe \*).

- \*) Seitdem ich durch meine Untersuchungen über die Zusammensetzung des Ammoniaks (*Ann. B. 8. S. 176 f.*) und der salpetersauren Neutralsalze hinlängliche Gründe zu haben glaube, den Stickstoff als eine höhere Oxydations-Stufe des nämlichen Radicals als das Ammoniak anzusehen, scheint es mir allerdings (obgleich nicht mit derselben Evidenz), daß der Wasserstoff eine niedrigere Oxydations-Stufe des nämlichen Radicals seyn muß. Dafür sprechen mehrere Umstände; doch fehlt es auch nicht an solchen, die dagegen sind, und noch ist die Richtigkeit dieser Ansicht nicht völlig bewiesen, so sehr ich mich auch bemüht habe, alles, was sie bestätigen konnte, hervorzuziehn. Es scheint nämlich, als müßte in diesem Fall der im Wasserstoff befindliche Sauerstoff ein Multiplum nach einer ganzen Zahl seyn, das zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und dem der verschiedenen Körper, mit welchen das Wasser in Verbindung treten kann, liegt, grade so wie wir das von dem Sauerstoff des Stickstoffs in den salpetersauren Neutral-Salzen sehen werden. Dieses ist aber nicht der Fall, wenn das Wasser wirklich nur  $11\frac{1}{2}$  Procent Wasserstoff enthält. Sollte dagegen das Wasser wirklich mehr als  $11\frac{1}{2}$  Procent Wasserstoff enthalten (der auf mir unbekannten Gründen beruhenden Bestimmung des Hrn. Gay-Lussac gemäß), so gehört die letztgenannte Zahl, mit welcher die meisten Analysen wasserhaltiger Körper am besten übereinstimmen, dem metallischen *Ammonium* zu, und der Unterschied zwischen dem Wasserstoffgehalt und der Menge von *Ammonium* im Wasser, rührt von dem Sauerstoff des Wasserstoffs her. Wenn aber, wie es wahrscheinlich ist, künftige Analysen des Wassers, die mit einer dem jetzigen Zustande der Untersuchungen angemessenen Genauigkeit angestellt werden, den Wasserstoffgehalt desselben zu 11,75, oder nahe bei dieser Zahl, bestimmen sollten, so scheint ein Sauerstoffgehalt des Was-

Noch muß ich bemerken, daß es noch nicht möglich ist, mit Gewißheit zu bestimmen, welche Reihe von Mischungs-Verhältnissen die richtigere ist, ob die nach der Wiegung der Gasarten bestimmte, oder die, welche aus den von mir angestellten Analysen verschiedener Salzbasen hergeleitet ist. Doch gestehe ich aufrichtig, daß ich glaube, in den Salzbasen den Sauerstoffgehalt zu hoch angenommen zu haben. Denn wenn man ihn vermindert, werden alle Resultate übereinstimmender, indels sie bei Vergrößerung desselben stärker von einander abweichen. Nimmt man so z. B. das Ammoniak als 46,26 Th. Sauerstoff enthaltend, und das Wasser als aus 11,75 Wasserstoff und 88,25 Sauerstoff bestehend an, so stimmt alles völlig überein.

## 2. *Basische und überbasische salpetersaure Salze* \*).

### *Basisches salpetersaures Bleioxydul.*

Ich habe dieses Salz durch Behandlung des neutralen salpetersauren Bleioxyduls mit weniger kau-

ferstoffs nicht in die Berechnungen und die Multiplications-Verhältnisse kommen zu können. Da dieses aber, wie wir im Folgenden sehen werden, zuweilen auch mit dem Sauerstoff des Stickstoffs geschieht, so kann es nicht als ein entscheidender Beweis gegen den Sauerstoffgehalt des Wasserstoffs angesehen werden.

*Berzelius.*

\*) Ich habe diesen und den folgenden Abschnitt aus der dritten Fortsetzung, wo Hr. Berzelius die Gesetze für die Bildung der basischen Salze entwickelt, hierher versetzt.

*Gilbert.*

stischem Ammoniak, als zur völligen Zerlegung desselben erfordert wird, erhalten. Der weiße Niederschlag, der hierbei entstand, wurde gut ausgefüßt, stark getrocknet und dann in einer kleinen Glasretorte geglühet; er gab salpetrige Säure und Sauerstoffgas, ohne alle Spuren von condensirter Säure; der Niederschlag enthält also kein KrySTALLwasser. Er hinterließ 80,5 Procent schön citrongelbes Bleioxydul. Das Salz bestehet also aus

Salpetersäure 19,5 — 100.

Bleioxydul	80,5	—	413.
	<u>100,0</u>		<u>513</u>

Es sind aber in 80,5 Theilen Bleioxydul 5,72 Th. Sauerstoff, und in 19,5 Theilen Salpetersäure 17,096 Theile Sauerstoff enthalten, und es ist  $5,72 \times 3 = 17,16$ . Es enthält also in diesem Salze die Säure 3mal so viel Sauerstoff als die Basis, und sättiget doppelt so viel Basis als in dem neutralen salpetersauren Bleioxydul.

*Ueberbasisches salpetersaures Bleioxydul.*

Eine andere Menge von salpetersaurem Bleioxydul wurde mit so viel Ammoniak vermischt, daß nicht nur alles Bleioxydul niederfiel, sondern daß auch die Flüssigkeit, nachdem sie mehrere Stunden mit dem Niederschlag digerirt worden war, noch alkalisch blieb. Der Niederschlag wurde mit Wasser so lange gewaschen, bis dieses Wasser nichts mehr aufgelöst enthielt. Das in der Sonne getrocknete weiße Bleisalz wurde dann in einer kleinen Retorte auf einer stark er-

hitzten Sandkapelle noch stärker entwässert; dabei wurde es gelb, verlor aber nur reines Wasser, ohne daß sich eine Spur von der Säure entband. Das so getrocknete Salz hinterließ nach dem Glühen 90,3 Procent Bleioxyd, wobei sich bloß salpetrigsaure Dämpfe und Sauerstoffgas, ohne ein Atom tropfbarer Säure, entbanden. Diese 90,3 Theile Bleioxydul enthalten 6,457 Theile Sauerstoff. Sehen wir die Salpetersäure als aus Ammonium und 87,88 Procent Sauerstoff bestehend an, so enthalten die 9,7 Theile Salpetersäure 8,524 Th. Sauerstoff, welches viel weniger ist, als die doppelte Menge des Sauerstoffs der Basis. Betrachten wir dagegen die Salpetersäure als aus 30,5 Th. Stickstoff und 69,5 Th. Sauerstoff zusammengesetzt, so enthalten 9,7 Th. Salpetersäure 6,74 Th. Sauerstoff, also abgesehen von dem geringen Unterschiede von 0,317 Theilen (der sehr wohl auf einem Beobachtungsfehler beruhen kann), gleiche Theile Sauerstoff mit der Basis.

Dieses Resultat schien mir auffallend, um so mehr, da es meinen frühern Ideen über die Zusammensetzung der Salpetersäure zu widersprechen scheint; denn ich hatte es hier nicht etwa mit einem zweifachen basischen Bleisalz zu thun; ein solches mit der Elligsäure kannte ich schon lange, und ich suchte es hier ausdrücklich \*). Daß hier

\*) Das doppelte basische Bleisalz aufzusuchen, war ich dadurch veranlaßt worden, daß ich bemerkt hatte, daß, wenn man elligsaures Bleioxydul mit mehr Bleioxydul

die Salpetersäure, zufolge des allgemeinen von mir entwickelten Gesetzes der Zusammensetzung der Salze, als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, betrachtet werden muß, war mir völlig unerwartet. Entweder war also a) diese Beobachtung unrichtig; oder es war b) die Analyse des neutralen salpetersauren Bleioxyduls fehlerhaft, oder es giebt c) eine mir für jetzt unbekannte Ursache, warum in der Salpetersäure, wenn sie mit der größtmöglichen Menge von Basis gesättigt wird, der Stickstoff sich als ein einfacher, keinen Sauerstoff enthaltender Körper verhält; oder es war endlich noch die Möglichkeit, d) daß das letztgenannte Salz eine doppelte Verbindung von einem anders modificirten basischen salpetersauren Bleioxydul mit Oxydul-Hydrat seyn konnte.

kocht, man eine nicht krystallisirende Verbindung erhält, welche wie ein Alkali auf Pflanzenfarben reagirt, und zu einer Masse von gummiartigem Ansehen in der Hitze eintrocknet. Wenn diese Verbindung mit noch mehr Bleioxydul digerirt wird, schwillt das Bleioxydul auf und wird weiß; die Auflösung verliert immer mehr an Bleigehalt, und behält zuletzt einen zusammenziehenden, nicht süßen Geschmack. Der so gebildete weiße Niederschlag löset sich in kochendem Wasser auf und schießt daraus in federartigen Kry stallen von Seidenglanz an. Ich bin noch nicht so weit gekommen, daß ich die Zusammensetzung dieses Salzes mit Sicherheit hätte ausmitteln können; so viel habe ich jedoch gefunden, daß es weit mehr Bleioxydul als das extractartige Salz enthält, und durch zugesetzte Elligsäure wiederum darin verwandelt werden kann. Diese beiden Stufen der basischen Salze werde ich der Kürze wegen mit *basisch* und *überbasisch* bezeichnen.

*Berzelius.*

Um alle diese Möglichkeiten zu prüfen, wiederholte ich noch einmal die Untersuchung dieses Salzes. Nach dem Austrocknen im Wasserbade wurde das KrySTALLwasser in einer kleinen Glasretorte auf der Sandkapelle verjagt. Ich nenne es KrySTALLwasser, weil das Salz durch diese Verjagung die weisse Farbe mit der gelben vertauschte. Dieses Wasser betrug in einem Versuch 2,30 und in einem andern 2,32 Procent. Das geglühte Salz hinterliess 88,1 Th. Bleioxydul, welches auch durch Schmelzung nicht vermindert wurde. Dieses Salz mußte also folgendermaassen zusammengesetzt seyn.

Bleioxydul	—	88,10
Salpetersäure	—	9,53
Wasser	— —	2,32
		<hr/> 100,00.

Die unter c) angeführte Ansicht über die Zusammensetzung dieses Salzes wollte ich von allen am wenigsten zulassen, und bemühte mich daher, erst alle andere zu prüfen. Die hier gefundene Menge Bleioxydul enthält 6,299 Th. Sauerstoff; die gefundene Menge der Säure, je nachdem wir den Stickstoff oder das Ammonium als ihr Radical ansehen, 6,66 oder 8,412 Th. und das Wasser 2,05 Th. Sauerstoff. Da keine der beiden Zahlen für den Sauerstoffgehalt der Säure, zu der für den Sauerstoffgehalt der Basis vollkommen paßt, stellte ich mir der unter d) angeführten Hypothese zu Folge vor, dieses Salz sey folgendermaassen zusammengesetzt. Die Salpetersäure sey mit  $\frac{2}{3}$  des Blei-



oxyduls verbunden, und stelle damit ein basisches Salz dar, in welchem die Säure doppelt so viel Sauerstoff als die Basis enthalte; das noch rückständige Drittel der Basis sey mit dem Wasser verbunden, als ein Hydrat, in welchem der Sauerstoffgehalt des Wassers und der des Bleioxyduls gleich sey, und das Ganze stelle also einigermaßen ein Doppelsalz vor, worin der Sauerstoff im Wasser in geringster Menge, und in dem Sauerstoffgehalt des Bleioxyduls 3mal, in dem der Salpetersäure 4mal enthalten sey. — Diese Ansicht stimmt mit dem Resultat des Versuchs überein; daß sie aber nach aller Wahrscheinlichkeit nicht die richtige ist, beweisen mir die andern basischen salpetersauren Salze, welche vielmehr anzudeuten scheinen, daß man in diesem Salze die Salpetersäure, als Stickstoff zu ihrem Radical habend, betrachten müsse, da sie dann gleiche Theile Sauerstoff mit der Basis, und das Wasser  $\frac{1}{2}$  so viel Sauerstoff als diese, enthalten würde.

Daß diese Ansicht, nach welcher die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt zu betrachten ist, auf das neutrale salpetersaure Bleioxydul *nicht* paßt, wenn dieses auf 100 Th. Salpetersäure 205,1 Theile Bleioxydul enthält, haben wir oben S. 166 gesehen. Ich habe daher die *Analyse des neutralen salpetersauren Bleioxyduls* noch einmal wiederholt.

Ich trocknete zu dem Ende das feingepulverte neutrale salpetersaure Bleioxydul in der Sonne, und setzte davon nach einigen Stunden 10 Gr. in einer

kleinen gewogenen Glasretorte einer höhern Temperatur aus, bis das von der Säure befreite Oxydul halb verglast war, und die Retorte anfang zu schmelzen. Weder in dem Retortenhalle, noch in den Vorlagen hatte sich ein einziges Tröpfchen von Säure verdichtet; ein Beweis, daß das neutrale salpeterlaure Bleioxydul kein Wasser enthält. Das Gewicht der Retorte war jetzt durch das des Bleisalzes nur noch um 6,72g Gr. vergrößert, und noch einmal erhitzt verlor es nichts mehr, obgleich die Retorte nun ganz zusammengeschmolzen war.

Ich habe diesen Versuch noch mehrmals mit der ängstlichsten Sorgfalt, sowohl in gewogenen Retorten als in einem ebenfalls gewogenen Platinatiegel wiederholt, und er gab mir stets Resultate, die nur zwischen 67,3 bis 67,31 Theile Bleioxydul auf 100 Th. des Bleisalzes variirten. Dieses ist etwas mehr Bleioxyd, als ich in meinen vorigen S. 166 mitgetheilten Versuchen gefunden hatte (67,222 \*). Das zu diesen Versuchen angewendete neutrale salpeterlaure Bleioxydul gab mit salpeterlaurem Silberoxydul nicht die mindeste Trübung, und das rückständige Bleioxydul entband beim Auflösen in Salpetersäure kein Gas, wie es zufolge des Verhaltens der gebrannten salpeterlauren Alkalien und alkalischen Erden zu erwarten gewesen wäre. Es entwickelte sich dabei von 6,75 Gr. halbverglasetem Bleioxydul nicht mehr Luft, als der Raum einer Erbsen einnahm;

\*) Folglich enthält das *neutrale* salpeterlaure Bleioxydul auf 100 Theile Salpetersäure 205,87 Theile Bleioxydul. G.

ich sehe sie daher als atmosphärische Luft an, welche mechanisch von dem erkaltenden Oxyde einge-  
fogen worden war.

Hieraus erhellt auf das deutlichste: *erstens*, daß wenn man die Salpetersäure als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt betrachten will, die in dem neutralen salpetersauren Bleioxydul enthaltne Salpetersäure unmöglich den Sauerstoff nach irgend einem Multiplum nach einer ganzen Zahl des Sauerstoffgehalts, der von ihr gesättigten Basis enthalten kann; und *zweitens*, daß in dem hier beschriebenen basischen salpetersauren Bleioxydul die Basis kein Multiplum nach einer ganzen Zahl von derjenigen Menge der Basis seyn kann, mit welcher die nemliche Menge Säure im neutralen salpetersauren Bleioxydul vorhanden ist. Die hier fehlende Uebereinstimmung der Resultate kann also nicht von fehlerhaften Analysen herrühren, sondern das letzt beschriebene basische Salz ist entweder eine doppelte basische Verbindung, oder es sind Ursachen vorhanden, durch welche die Salpetersäure, wenn sie mit der größtmöglichen Menge der Basis verbunden wird, den Sauerstoff im Stickstoffe so fest hält, daß er sich wie Sauerstoff zu verhalten aufhört, und also nicht mehr in Rechnung gebracht werden kann. Das folgende Beispiel bestätigt die Wahrscheinlichkeit der letzteren Ansicht, und die völlige Erklärung dieser Erscheinung würde uns um einen großen Schritt in der Lehre von den Proportionen in der Chemie weiter führen.

*Basisches salpetersaures Kupferoxyd.*

Dieses Salz habe ich mir auf dreierlei Weise bereitet: a) durch gelinde Erhitzung des trocknen neutralen Salzes, und Auslaugung des noch unzersetzten Neutralsalzes mit kochendem Wasser; b) durch Fällung des neutralen salpetersauren Kupferoxyds mit Kalkwasser; und c) durch Fällung mit caustischem Ammoniak, wobei der ganze Kupfergehalt nicht niedergeschlagen wurde. Alle drei Methoden gaben durchaus das nemliche Salz.

In mehreren Versuchen erhielt ich durch Glühen aus diesem Salze 65,6 bis 66 Procent schwarzes Kupferoxyd, und die dabei entbundene Säure war zum größten Theile flüchtig. Dieses Salz enthält also Krytallwasser, und nach der unten anzuführenden Berechnung muß es folgendermaßen zusammengesetzt seyn:

Salpetersäure	—	18,9
Kupferoxyd	—	66,0
Wasser	—	15,1
		<hr/> 100,0.

Die 66 Th. Kupferoxyd enthalten 13,2 Th. Sauerstoff, welchen 18,9 Th. Salpetersäure entsprechen, sofern diese als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt betrachtet wird. Die übrigen 15,1 Th. müssen Wasser gewesen seyn und enthalten also 13,32 Th. Sauerstoff. Wollten wir dieses Resultat nach einer andern Ansicht der Zusammenetzung der Salpetersäure berechnen, so kommen wir auf kein Verhältniß zwischen dem Sauerstoff der Basis

und dem des Wassers, worin das eine ein Multiplum des andern nach einer ganzen Zahl seyn könnte; denn 13,2 Th. Sauerstoff würden nach dieser Ansicht schon in 15,04 Theile Salpetersäure enthalten seyn, und folglich der Sauerstoff des Wassers den der Basis an Menge übertreffen, jedoch weniger als das doppelte desselben betragen. Wenn wir aber annehmen wollten, daß der Sauerstoff der Säure 2mal so viel als der der Basis betrage, so würde das Salz 30,08 Th. Salpetersäure und 3,42 Th. Wasser enthalten, und wiederum der Sauerstoff des Wassers kein Verhältniß nach einer ganzen Zahl zu dem der Basis beobachten. Auch wenn man dieses Salz als eine zweifache Verbindung von basischem salpetersaurem Kupferoxyd mit Kupferoxyd-Hydrat ansehen wollte, giebt dieses keine so genügende Erklärung.

Die Analyse dieses Salzes scheint also die vorhin erwähnte Idee zu bestätigen, daß nemlich in den Salzen, in welchen die Salpetersäure mit der größtmöglichen Menge Basis gesättigt ist, die Säure gleiche Menge Sauerstoff mit der Basis enthält, in sofern man die Salpetersäure als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt betrachtet, und also den Sauerstoff des Stickstoffs nicht in Berechnung bringt. Wir werden für diese Ansicht noch eine neue Bestätigung durch das überbasische salpetrigsaure Bleioxydul erhalten, zu dem wir uns nun wenden wollen.

### 3. Die salpetrigsauren Salze.

Da die Beweise, welche sich, wie wir gesehen haben, aus der Analyse der neutralen salpeterlauren Salze für die Zusammensetzung des Ammoniaks und des Stickstoffs ziehn lassen, so äußerst wichtig und unentbehrlich sind, und da die Ideen, auf welche sie führen, mit den ältern Meinungen im Streite stehen, und unter den Chemikern viele Gegner finden werden, so hielt ich es für wesentlich nöthig, alles, was in diesen Beweisen zweideutig oder schwankend scheinen könnte, noch näher zu betrachten. Um die Richtigkeit der Idee, die Salpeterläure sey aus *Ammonium* und Sauerstoff zusammenge setzt, außer allen Zweifel zu setzen, beschloß ich eine Beobachtung zu benutzen, welche ich bei meinen vielen Arbeiten mit den Bleisalzen zu machen Gelegenheit gehabt hatte,

#### *Basisches salpetrigsaures Bleioxydul.*

Es ist eine von Proust entdeckte und seitdem allgemein bekannte Erscheinung, daß wenn man Bleimetall mit einer Auflösung von salpeterlaurem Bleioxydul kocht, das Blei aufgelöst wird und man eine gelbe Flüssigkeit erhält, welche in schuppigen gelben Kry stallen anschießt. Hr. Proust hielt diese Verbindung für ein Salz, worin das Blei auf eine niedrigere Stufe der Oxydation gebracht sey. Hr. Thomson erklärte dagegen das nemliche Salz, als er es durch Erhitzung von salpeterlaurem Bleioxydul erhielt, für gewöhnliches basisches salpeterlau-

res Bleioxydul. Keiner dieser beiden Chemiker hatte seine Aufmerksamkeit auf den veränderten Zustand der Salpetersäure gerichtet; daher der Widerspruch in ihren Resultaten, in welchen der eine nicht richtiger als der andere geschlossen hat.

Ich hatte sehr oft gefunden, daß wenn ich Blei in Salpetersäure auflösete, die Auflösung zuletzt citronengelb wurde, ohne daß das von Hrn. Proust beschriebene schuppige Salz daraus anschoß. Da diese gelben Auflösungen schlechter als die gewöhnlichen krystallisirten und ein gelbes Salz gaben, versuchte ich sie durch hinzugesetzte Salpetersäure zur Krystallisation zu zwingen \*). Die Farbe verschwand sogleich, und es schoß salpetersaures Bleioxydul in Menge an. Diese mit Salpetersäure gemischten Auflösungen rochen aber jedesmal so erstickend nach Salpetergas, ohne daß sich jedoch rothe Dämpfe zeigten, daß ich sie aus dem Arbeitszimmer entfernen mußte. Ich übergoss nun eine Portion des gelben Salzes mit Salpetersäure und erwärmte die Mischung gelind; dabei entwickelten sich kleine Gasbläschen, welche noch am Boden des Gefäßes, ehe sie mit der Luft in Berührung gekommen waren, roth erschienen. Essigsäure brachte die nemliche Erscheinung hervor. Es konnte also nicht mehr bezweifelt werden, daß dieses gelbe Salz eine

\*) Es ist bekannt, daß mehrere Salze aus ihren Auflösungen in Wasser durch zugesetzte freie Säure gefällt werden, wahrscheinlich dadurch, daß durch die Säure die Capacität des Wassers vermindert wird.

Berselius.

Verbindung von *salpetriger Säure* mit *Bleioxydul* enthielt, von der es wahrscheinlich die gelbe Farbe hatte.

Ich beschloß sogleich zu prüfen, wie sich der Sauerstoff der salpetrigen Säure zu dem der Basen verhalte, und ob dieses Verhalten nicht einen neuen Beweis für meine Idee von der Zusammensetzung des Stickstoffs abgeben könne. Zu dem Ende kochte ich in einem kleinen Glaskolben eine Auflösung von 20 Grammen salpeterfaures Bleioxydul mit 12,4 Gr. dünn geschlagenem Blei, d. i. genau mit so viel, als das Salz vorher enthielt. Nach etlichen Stunden war das Blei vollkommen aufgelöst, und die Auflösung hatte eine gesättigte gelbe Farbe angenommen. Während des Abkühlens schloß sie ganz zu einer gelben schuppigten Masse an, aus welcher sich eine farbenlose Flüssigkeit auspressen ließ. Die Auflösung hatte einen mehr schrumpfenden als süßen Geschmack, und reagierte auf geröthetes Lakmuspapier ganz wie ein Alkali. Dieses war auch mit den Kry stallen der Fall. Säuren entwickelten aus diesem Salze salpetrige Säure in großer Menge. Dieses Salz ist also *basisches salpetrigsaures Bleioxydul*. Es mußte daher noch eine andere und zwar neutrale Verbindung zwischen der salpetrigen Säure und dem Bleioxydul existiren. Von ihr werde ich weiterhin sprechen, und hier erst die Zusammensetzung dieses basischen Salzes auszumitteln suchen.



Die erhaltenen Kry stallen wurden zu einem feinen Pulver gerieben, dieses streng getrocknet und dann in einer kleinen gewogenen Glasretorte erhitzt, und zuletzt sehr streng geglühet, bis sich kein Salpetergas mehr entband. Das Salz schmolz in der Hitze nicht. Es gab theils gasförmige, theils flüssige, rothe, rauchende salpetrige Säure her, und enthielt also Kry stallwasser. Der noch ungeschmolzene Theil des Bleioxyds war schön hellgelb, und wog in verschiedenen Versuchen 79,5, 79,75 bis 80 Procent von dem angewandten Salze.

Wenn wir die salpetrige Säure als aus *Stickstoff* und Sauerstoff zusammengesetzt betrachten, so enthält sie gegen 63,1 Th. Sauerstoff 39,5 Th. Stickstoff. Wenn wir sie dagegen als aus *Ammonium* und Sauerstoff zusammengesetzt ansehen, so besteht sie in 100 Theilen aus 15,88 Th. Ammonium und 84,12 Th. Sauerstoff. In der Menge von Bleioxydul, welche wir bei diesen Versuchen erhalten haben, befinden sich 5,70 bis 5,72 Theile Sauerstoff; diese müssen in dem in den 20 Procent verflüchtigter Säure enthaltenen Sauerstoff nach einer ganzen Zahl enthalten seyn. Wenn wir den Stickstoff als Radical der salpetrigen Säure ansehen, so kann diese Säure nicht 3 Mal den Sauerstoff der Basis enthalten. Die Menge salpetrige Säure, welche 2 Mal 5,72 Th. Sauerstoff in sich schließt, ist 18,13 Th.; für das Wasser bliebe also nur 1,87 Theil zurück, welches offenbar zu wenig ist, da bei der Destilla-

tion dieses Salzes die größte Menge der Säure in tropfbar flüssiger Gestalt erhalten wird.

Um hierüber Gewißheit zu erhalten, trocknete ich eine Menge von dem basischen Salze sehr streng, bis sich die Säure davon zu entfernen anfang, und also alles mechanisch anhängende Wasser vollkommen entfernt seyn mußte: das Salz hatte eine dunklere Farbe angenommen, und gab in einer Retorte geglühet, wie zuvor, flüssige Säure, wobei es 81,3 Procent Bleioxydul hinterließ. Da nun die verflüchtigten 18,7 Procent wie zuvor größtentheils flüchtig waren, so ist es ganz unmöglich, daß die salpetrige Säure 2 Mal den Sauerstoff der Basis des Salzes enthalten kann; denn dann bliebe nichts für den Wassergehalt derselben übrig. Wenn sie aber mit dem sie neutralisirenden Bleioxydul nur gleiche Theile Sauerstoff enthalten sollte, so müßte das Salz 10,93 Th. Krytallwasser in sich schließen, und der Sauerstoff dieses Krytallwassers würde kein gesetzmäßiges Verhalten zu dem der Basis beobachten\*). Die Zusammensetzung dieses Salzes stimmt also mit den für die übrigen Salze gefundenen Gesetzen keineswegs überein, in sofern wir den Stickstoff als das Radical der salpetrigen Säure annehmen.

Wenn wir dagegen die salpetrige Säure als aus *Ammonium* und Sauerstoff zusammengesetzt betrachten, und in der Säure 2 Mal so viel Sauerstoff als in der sie neutralisirenden Basis annehmen, so

\*) Vergl. S. 167. Anm.

würde die Menge der salpetrigen Säure in diesem Salze 13,57 bis 13,6 Procent betragen, wobei 6,4 bis 6,68 Procent für das Krytallwasser übrig bleiben. So viel Theile Wasser enthalten aber 5,64 bis 5,88 Th. Sauerstoff. Wir können also mit Sicherheit schliessen, daß dieses Salz so zusammengesetzt ist, daß die Basis und das Krytallwasser gleiche Theile Sauerstoff enthalten, und die Säure (den Sauerstoff des Stickstoffs mit eingerechnet) 2 Mal so viel Sauerstoff als die Basis in sich schließt. Die Zahlen-Verhältnisse der Bestandtheile des *basischen salpetrigsauren Bleioxyduls* sind dann nahe wie folgt:

Bleioxydul	80,0
salpetrige Säure	13,6
Wasser	6,4
	<hr/> 100,0

Wir wollen nun, um diese Idee näher zu prüfen, die Bildung des basischen Salzes genauer untersuchen. Es geben, wie wir S. 166 gesehen haben, 100 Th. Salpetersäure mit 205,1 Th. Bleioxydul ein neutrales salpetersaures Bleisalz. Sollen diese 100 Th. Salpetersäure zu salpetriger Säure zurückgebracht werden, so müssen sie ein Fünftel ihrer Sauerstoffmenge (den Sauerstoff des Stickstoffs eingerechnet) verlieren. Wenn nun in allen salpetersauren Salzen der Sauerstoffgehalt der Säure 6 Mal so groß als der der Basis ist (S. 173.), so muß er in 100 Th. Salpetersäure  $6 \cdot 14,66 = 88$  Th. be-

tragen. Nun ist  $\frac{88}{5} = 17,6^*)$ ; aus 100 Th. Salpetersäure entstehen folglich  $100 - 17,6 = 82,4$  Theile salpetrige Säure, deren Sauerstoffgehalt 70,35 beträgt. Nimmt nun das Blei, das von dem flüssigen salpeterfauren Bleioxydul, womit man operirt, aufgelöst wird, diese 17,6 Th. Sauerstoff in sich auf, so muß die Auflösung mit Einschluss des anfänglich vorhandenen Bleioxyduls, welches 14,66 Th. Sauerstoff enthielt, von der Basis dann eine Menge in sich schließen, deren Sauerstoff 32,26 Th. beträgt. Nach der oben angeführten Analyse soll die salpetrige Säure die doppelte Menge dieses Sauerstoffs, das ist, 64,54 Th. Sauerstoff enthalten. Wir haben aber gesehen, daß sie in der That 70,35 Th. Sauerstoff, also 5,48 Th. mehr in sich schließt. Wenn daher diese Berechnung richtig ist, so muß ein Theil der salpetrigen Säure zugleich zersetzt, und folglich Salpetergas oder Stickgas entbunden werden. Diese durch eine ungleiche Zerlegung der Salpetersäure entstehende Gasentbindung läugnet zwar Herr Proust, und seitdem auch Hr. Gehlen; sollte sie aber doch nicht Statt finden? oder vielmehr, wie sollte das salpeterfaure Bleioxydul zusammengesetzt seyn, wenn sie nicht Statt fände? Die Sal-

\*) Ich muß hier die oft gemachte Bemerkung wiederholen, daß, wenn in meinen Versuchen der Sauerstoffgehalt der Basen ein wenig zu groß ausgefallen ist, dieser Fehler durch die öftliche Vergrößerung hier bedeutend wird. Der Leser sieht aber leicht ein, daß dieses auf die hier entwickelte Vorstellung keinen wesentlichen Einfluß hat. *Berzelius.*

petersäure müßte dann eine Menge Bleioxydul sättigen, deren Sauerstoff  $\frac{1}{2}$  von dem der Säure beträgt (nemlich so fern diese aus Ammonium, oder  $\frac{1}{4}$  so fern sie aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt wäre). Dieses würde aber, wenn meine Analyse des salpetersauren Bleioxyduls einigermaßen richtig ist, in den 100 Theilen Salpetersäure, welche 205,1 Th. Bleioxydul sättigen, eine Menge von Wasser, deren Sauerstoff dem des Bleioxyduls gleich wäre, voraussetzen, da denn 100 Th. wasserfreier Salpetersäure so viel Bleioxydul sättigen müßten, als 17,59 Th. Sauerstoff in sich schließt. Meine S. 166 beschriebenen Versuche zur Analyse des salpetersauren Bleioxyduls und des salpetersauren Ammoniaks zeigen aber, wie mich dünkt, unwiderleglich, daß ein solches in der Säure verborgenes Wasser nicht vorhanden ist. Die Verwandlung des salpetersauren Bleioxyduls in basisches salpetrigsaures Bleioxydul ist also ohne Zersetzung eines Theils der salpetrigen Säure, und also ohne eine Gasentbindung, nicht möglich.

Folgender Versuch brachte mich hierüber ins Reine. Ich that in einen kleinen gläsernen Kolben 12 Gran salpetersaures Bleioxydul und 10 Gr. dünn geschlagenes Blei, goß den Kolben mit gekochtem Wasser voll, und brachte in die Mündung des Kolben eine gleichfalls mit Wasser gefüllte Gas-Entbindungs-Röhre. Der Kolben wurde langsam über einer Weingeistlampe erhitzt, bis die Flüssigkeit dem Siedepunkte nahe kam. Das Blei hing nach und

nach an sich aufzulösen, und es stiegen davon eine Menge sehr kleiner Gasbläschen, wie an einem in der galvanischen Kette auf Wasser einwirkenden Leiter, auf. Ich ließ die Flüssigkeit nicht zum Kochen kommen, und auf diese Weise sammelte sich in der vorgelegten Flasche eine Menge Gas, welches sich durch Erkältung nicht condensirte. Endlich ließ ich die Flüssigkeit kochen, und unterbrach den Versuch, als das Blei anfang zu bekleiden. Es fand sich, daß 7,64 Gr. Blei waren aufgelöst und 1,8 Cub. Zoll Gas (bei  $+ 12^{\circ}$  Therm.) entbunden worden. Als das erhaltene Gas mit Sauerstoffgas vermischt wurde, condensirte es sich zu rothen Dämpfen, welche vom Wasser ganz verschluckt wurden; es war also Salpetergas. In andern Versuchen, bei welchen ich die Auflösung des Bleies in Retorten mit angekitzter tubulirter Vorlage vornahm, wurde das Sauerstoffgas der Vorlage verzehrt, und das überdestillirte Wasser war sehr merklich sauer. Die Zerlegung eines kleinen Theils der salpetrigen Säure, während das Blei sich in dem salpeterlauren Bleioxydul auflöst, ist also durch diesen Versuch außer allen Zweifel gesetzt.

Ich hoffte die Menge von aufgelöstem Blei genauer bestimmen zu können, wenn ich die Auflösung über mehr Blei kochen ließ, als sie nach der Berechnung sollte auflösen können. Zu dem Ende übergoss ich in einem sehr langhalsigen Kolben 12,5 Gran sehr reines, dünn geschlagenes Blei mit einer

Auflösung von 10 Gr. salpeterfaurem Bleioxydul in 500 Gr. Wasser, und kochte die Mischung 12 Stunden hindurch. Die Mündung des Kolbens war mit einem Korkstöpsel verschlossen, durch welchen ein kleines Glasrohr ging, das dem Gas den Durchgang verstattete. Nach Verlauf der 12 Stunden wurde die Auflösung in eine Flasche gegossen, welche sie beinahe anfüllte, und dann leicht verschlossen. Von dem Blei waren, zu meiner großen Verwunderung, nur 0,85 Gr. unaufgelöst zurückgeblieben. Die abgegossene Auflösung schloß nach und nach zu einem ziegelfarbigem kleinschuppigen Salze an, und die Flüssigkeit, welche zurückblieb, hatte ihre Farbe verloren. Sie wurde zu  $\frac{3}{4}$  concentrirt, und schloß dann in einer Flasche in zwei verschiedene Gruppen von Salzen an. Die eine war das bereits beschriebene gelbe basische salpetrigsaure Bleioxydul; die andere (welche von der nämlichen Natur mit dem ersten Anschuß war) bildete kleine ziegelrothe, den Fructificationstheilen des Farrenkrauts vollkommen ähnliche Pusteln, welche ein *überbasisches* salpetrigsaures Bleioxydul darstellten.

Durch die Bildung dieses überbasischen Salzes sah ich mich in meiner Hoffnung, die zur Bildung des basischen Salzes erforderliche Menge von Blei zu finden, getäuscht. Ich mußte sie also durch Näherung zu bestimmen suchen, indem ich Bleisalpeter mit verschiedenen Mengen von Blei in Distillirgefäßen kochte, und die größte Menge be-

merkte, welche aufgelöst werden konnte, ohne daß sich dabei überbasisches Salz bildete. In dem ersten Versuch löseten 10 Gran salpeterlaures Bleioxydul  $7\frac{1}{2}$  Gr. Blei ohne Spuren von überbasischem Salze auf. Ich erhitzte dann die erkaltete Auflösung aufs Neue und legte 1 Gran Blei hinein, womit ich sie 1 Stunde kochte. Es wurden 0,28 Gr. Blei aufgelöst, und während des Erkaltsens schossen einige Gruppen von überbasischem Salze an. Andere 10 Gr. Bleisalpeter wurden mit 7,9 Gr. Blei zu völliger Auflösung gekocht; während des Erkaltsens der Auflösung zeigten sich einige wenige Spuren von überbasischem Salze. Noch andere 10 Gr. salpeterlaures Bleioxydul, worin 7,8 Gr. Blei aufgelöst waren, gaben zwar keine recht deutliche Zeichen von überbasischem Salze, das Unterste der KrySTALLISATION, am Boden des Gefäßes, schien jedoch etwas röthlicher als das obere zu seyn. Da nun das überbasische Salz nicht in kaltem Wasser völlig unauflöslich ist, so glaubte ich durch diese Näherungsmethode keine genauere Bestimmung erwarten zu können.

Es ist leicht zu berechnen, wie viel Blei von salpeterlaurem Bleioxydul aufgelöst werden muß, damit es sich in das basische salpetrigsaure Salz verwandle. Denn wenn, nach der spätern S. 182 angeführten Analyse, das neutrale salpeterlaure Bleioxydul in 305,87 Theilen 100 Theile Salpetersäure enthält, welche, um zu salpetriger Säure zu werden, 17,6 Th. (oder nach der Bestimmung von den



Voluminibus der gasförmigen Bestandtheile der Salpetersäure 17,395 Th.) Sauerstoff abgeben müssen, so ist das dabei sich bildende Bleioxydul nicht hinreichend, alle salpetrige Säure auf die nämliche Sättigungsstufe zu bringen, sondern es entsteht ein Ueberschufs von 5,74 Theilen salpetriger Säure. Durch eine sehr leichte Berechnung findet sich, dafs, wenn salpetrige Säure zu Salpetergas wird, sie ein Viertel ihrer ganzen Sauerstoffmenge verliert \*), und dafs also 2 Theile salpetrige Säure müssen zerlegt werden, um das Bleioxydul hervorzubringen, welches mit 1 Theil salpetriger Säure das basische Salz darstellt \*\*). Von den überschüssigen 5,74 Th. salpetriger Säure müssen also 3,826 Th. zerlegt worden seyn und 0,805 Th. Sauerstoff an das Blei abgegeben haben. Diese zu den vorher genannten 17,59 Th. Sauerstoff addirt, geben 18,375 Th. Sauerstoff, welche von dem aufgelösten Blei aufgenommen worden sind; 18,375 Th. Sauerstoff verbinden sich aber mit 238,8 Th. Blei. Wenn nun aber 305,87 Th. salpetersaures Bleioxydul 238,8 Th. Blei auflösen, so lösen 100 Th. dieses Salzes 78 Th. Blei auf. Wir haben aber gesehen, dafs in diesen Versuchen die Bildung des überbasischen Salzes genau auf diesem Punkt seinen Anfang nahm.

Vielleicht giebt es unter den indirecten Beweisen für die wahre Zusammensetzung der Salpeter-

\*) Erste Fortf. *Ann. N. F. B. 5. S. 186.*

\*\*) In sofern in diesen Salzen die Säure noch einmal so viel Sauerstoff als die Basis enthält. G.

läure, und mithin auch des Ammoniaks und des Stickstoffs, keinen bündigeren als diesen. Denn die hier angeführten Beobachtungen, wenn sie auch nicht auf die grösste Genauigkeit Anspruch haben, können unmöglich so fehlerhaft seyn, daß die Bildung des basischen salpetrigsauren Bleioxyduls sich mit einer andern Idee über die Zusammensetzung und die Sättigungs-Capacität dieser beiden Säuren vertragen sollte.

2. *Neutrales salpetrigsaures Bleioxydul.*

Ich wünschte nun auch das neutrale salpetrigsaure Bleioxydul kennen zu lernen, und dazu schlug ich folgenden Weg ein. Ich vermischte eine gesättigte kochende Auflösung des basischen Salzes mit so viel Schwefelsäure, als erforderlich war, um die Hälfte des in ihr befindlichen Bleioxyduls zu sättigen \*). Ich erhielt eine gesättigte goldgelbe Auflösung, welche nach dem Erkalten nicht krystallisirte, und, wenn ich sie durch Abdampfen auf der Sandkapelle concentriren wollte, sich zum Theil zersetzte und basisches salpetersaures Bleioxydul gab. Daher überliess ich einen Theil derselben der selbst-erfolgenden Verdunstung, und nach und nach schloß aus demselben ein dunkel-zitrongelbes Salz in octaedrischen Krystallen an. Dieses so gewonnene gelbe Salz ist beträchtlich auflöslicher im

\*) Ich muß hierbey bemerken, daß, wenn dieser Versuch nicht in einem langhalligen Kolben gemacht wird, ein Theil der salpetrigen Säure gasförmig entweicht, und die Zersetzung des Salzes nicht vollständig wird. *Berzelius.*

Wasser, als das salpeterfaure Neutralsalz. Wenn es in gekochtem und noch heißem Wasser aufgelöst wird, hinterläßt es eine geringe Menge basisches salpeterfaures Bleioxydul, welche sich während der Verdunstung des Wassers gebildet hat; in ungekochtem Wasser wird dieser Rückstand noch beträchtlicher. Da es unmöglich ist, dieses Salz in trockner Gestalt völlig rein darzustellen, so kann eine Analyse desselben kein recht scharfes Resultat geben.

In einer kleinen Glasretorte wurden davon 10 Grammes erhitzt. Das Salz schmolz und glich in diesem Zustande dem salzfauren Blei- oder Silber-Oxydul; es hatte eine dunkelbraune Farbe angenommen, und schäumte sehr stark, indem es sich zerlegte. Ein Theil der sich entbindenden Säure ging gasförmig weg, ein anderer Theil setzte sich in der Vorlage tropfbar flüßig ab. Dieses Salz enthält also Kry stallwasser. In der Retorte blieb als Rückstand ein zusammengeschmolzenes Bleioxydul, welches 7 Gran wog. Ohne allen Zweifel ist in diesem Salze wenigstens doppelt so viel Säure gegen die Basis als in dem basischen salpetrigfauren Bleioxydul enthalten, und sättigt folglich die salpetrige Säure in dem neutralen Salze eine Menge Bleioxydul, welche  $\frac{1}{4}$  so viel Sauerstoff als die Säure enthält; d. i. 100 Theile Säure 294,1 Th. Bleioxydul. Dieses wird um so weniger streitig, da die 100 Th. salpetrige Säure, wenn man sie als aus Stickstoff und Sauerstoff zusammengesetzt betrachtet, 3 Mal

die in 294,1 Th. Bleioxydul befindliche Sauerstoffmenge enthalten würden, und also beide Ansichten sich mit diesem Resultat vereinigen lassen. Enthält nun überdies das Kry stallwasser eine gleiche Menge Sauerstoff mit der Basis, so ist das *neutrale salpetrigsaure Bleioxydul* folgendermaßen zusammen-  
gesetzt:

Bleioxydul	70,375
salpetrige Säure	23,925
Wasser	5,700
	<hr/> 100,000

In dem Versuch hinterließ das Salz nur 70 Procent Bleioxydul. Der kleine Unterschied von beinahe  $\frac{4}{1000}$  rührt wahrscheinlich daher, daß die salpetrige Säure sich während der Abdampfung mehr und mehr oxydirt, und daher das Salz weniger an Basis zurücklassen mußte.

### 3. Ueberbasisches salpetrigsaures Bleioxydul.

Das *überbasische salpetrigsaure Bleioxydul* ist ein in kaltem Wasser sehr schwer auflösliches Salz. Es schießt während des Erkal tens in kleinen dunkel-  
siegelfarbig en Kry stall schuppen an. Die Auflösung zer setzt sich an der Luft, oder wenn sie mit ungekochtem Wasser vermischt wird, und setzt ein häufiges weißes Pulver ab. An der Luft läßt sich das trockene Salz unverändert aufbewahren. In der Hitze schmilzt es nicht, und bei einer nicht sehr erhöhten Temperatur läßt es sich von allem Wasser befreien, ohne daß dabei etwas von der Säure

verflüchtigt wird; ich glaube also, daß es kein Krystallwasser enthält. Als ich 10 Gran stark getrocknetes überbasisches Salz in einer kleinen gewogenen Glasretorte glühete, erhielt ich nur gasförmige salpetrige Säure, und sie hinterließen 8,9825 Gr. Bleioxydul. Dieses Salz ist also folgendermaßen zusammengesetzt:

Bleioxydul	89,825
salpetrige Säure	10,175
	<hr/>
	100,000

Wenn wir dieses Resultat berechnen, so finden wir, daß die salpetrige Säure, sofern wir den Stickstoff als ihr Radical betrachten, in diesem Salze beinahe gleiche Theile Sauerstoff mit dem Bleioxydul enthält, mit einer Genauigkeit, die fast bis in die letzten Zahlen reicht; daß aber die Zusammensetzung dieses Salzes nicht dem Princip gemäß wird, wenn wir den Sauerstoff des Stickstoffs mit in die Berechnung hineinziehn. In zwei andern Versuchen erhielt ich 89,5 und 89,66 Procent Bleioxydul aus diesem Salze.

Wir sehn hier eine neue Bestätigung der vorhin erwähnten Idee, daß in den überbasischen salpeterfauren Salzen, in welchen die Säure und das Bleioxydul gleiche Theile Sauerstoff enthalten, der Stickstoff bei der Berechnung als ein einfacher Körper betrachtet werden muß. Wenn aber auf der andern Seite die salpetrige Säure den Sauerstoff nach einem Multiplum des in der Basis befindlichen enthält, so entspricht die Zusammensetzung des

Salzes dem gewöhnlichen Gesetze nur dann, wenn wir den Sauerstoff des Stickstoffs in die Berechnung mitnehmen. Ich wage über die Ursache dieses sonderbaren Umstands keine Muthmaßung.

Wenn wir die Menge von Basis berechnen, welche 100 Theile salpetrige Säure in den drei hier beschriebenen salpetrigsauren Salzen sättigen, so finden wir, daß diese 100 Theile Säure im basischen Salze mit 2 Mal so viel, und im überbasischen Salze mit 3 Mal so viel Bleioxydul, als in dem neutralen Salze, verbunden sind. In den drei salpetersauren Bleioxydul-Salzen findet aber eine solche gesetzmäßige Progression nicht Statt, denn in ihnen verhalten sich die mit 100 Theilen Säure verbundenen Mengen der Basis, wie 1 : 2 : 4,75. Diese Anomalie kann nur darin ihren Grund haben, daß der Stickstoff ein zusammengesetzter Körper ist, und scheint mir also ein Beweis mehr dafür zu seyn.

Es ist leicht einzusehen, daß die Bildung des überbasischen Salzes auf Kosten der salpetrigen Säure geschieht. Ich fand durch einen Versuch, daß dabei Salpetergas entbunden wird, und in diesem Gas konnte ich keine bemerkbare Spur von Stickgas finden. Nach den obigen Berechnungen kann das salpetersaure Bleioxydul, um überbasisches salpetrigsaures Bleioxydul zu werden, ein dem seinigen fast gleiches Gewicht Bleimetall auflösen. In einem der hier angeführten Versuche hatten zwar 100 Th. Bleisalpeter 116½ Th. Blei aufgelöst; der Versuch war aber in einem langhalsigen Kolben angestellt wor-

den, in welchem ein beträchtlicher Theil Salpetergas sich mit dem Sauerstoffgas der hereindringenden Luft verband, und als Salpetersäure in den Kolben zurückfloß. Dieses geschieht besonders, wenn das basische Salz gebildet ist, weil dann 3 Th. der salpetrigen Säure zersetzt und in Salpetergas verwandelt werden müssen, um 1 Theil des Salzes in überbasisches Salz zu verwandeln. In Distillirgefäßen geschieht dieses nicht, weil in ihnen die neugebildete Säure sich in der Vorlage ansammelt, wo dann das condensirte Wasser aus leicht begreiflichen Ursachen mehr oder weniger sauer ist, je nachdem die Hitze das Kochen der Flüssigkeit mehr oder weniger ungleich unterhalten hat.

Wenn man in einem offenen Gefäß eine schwachsaure Auflösung von salpeterfaurem Bleioxydul mit mehr Blei kocht, so erhält man eine gelbe Auflösung, welche in gelben Krytallen anschießt. Ich glaubte anfangs, dieses könne ein *Doppelsalz* mit zwei Säuren seyn, und suchte es daher mit Genauigkeit zu analysiren, fand aber, daß es sich nicht gleich blieb, daß auch der nämliche Anschuß hier und da gelber war, und daß die letzten Anschüsse salpetrigsaures Bleioxydul in größerer Menge als die ersten enthielten. Dieses Salz war also nur eine gleichzeitige Krytallisation der beiden vermischten Salze. Durch Pulvern und Aussetzen an der Luft verliert es nach und nach seine gelbe Farbe, und wenn man es dann in Wasser auflöst, so läßt dieses basisches salpeterfaures Bleioxydul zu-

rück. Wäre dieses Salz wirklich ein Doppelsalz, wo die Säuren die Basis unter sich zur Hälfte getheilt hätten, so müßte es nach dem Glühen 68,9 Procent Bleioxydul hinterlassen. Ich erhielt aber nur 67,5 bis 68,5 Procent, je nachdem ich frühere oder spätere Anschüßle zu untersuchen hatte.

Noch muß ich eine Erscheinung des *neutralen salpetrigsauren Bleies* erwähnen, welche es wahrscheinlich mit den übrigen salpetrigsauren Salzen gemein hat. Wenn man eine Auflösung dieses Salzes in der Wärme concentrirt, so oxygenirt sich die Säure stärker, und da dann die neugebildete Salpetersäure in dem Salze  $\frac{1}{4}$  mehr Basis linder, als sie sättigen kann, so setzen sich von dem neugebildeten salpetersauren Salze  $\frac{2}{3}$  als basisches Salz ab, während  $\frac{1}{3}$  als neutrales salpetersaures Bleioxydul in der Auflösung zurückbleiben. Wenn die Flüssigkeit einen gewissen Grad von Concentration erreicht hat, entsteht darin bei einer Temperatur, welche dem Siedepunkte nahe kömmt, ein Aufbrausen, wobei sich Salpetergas entbindet, und basisches und überbasisches salpetersaures Bleioxydul gebildet werden.

Das neutrale salpetrigsaure Bleioxydul kann sich also auf zweierlei Weise zersetzen. *Entweder* die Säure oxygenirt sich auf Kosten der Luft stärker, und es entsteht eine Mischung von  $\frac{2}{3}$  basischem und  $\frac{1}{3}$  neutralem salpetersauren Bleioxydul; *oder* es entbindet sich in der Hitze die Hälfte des Ammoniums der Säure mit so viel Sauerstoff, als nöthig ist, um Salpetergas zu bilden, und der zu-



rückbleibende Sauerstoff verwandelt die andere Hälfte des Ammoniums in Salpetersäure, wobei  $\frac{4}{10}$  des Gewichts der salpetrigen Säure als Salpetergas entweichen, während  $\frac{6}{10}$  als Salpetersäure zurückgehalten werden, und eine Mischung aus  $\frac{7}{8}$  basischem und  $\frac{1}{8}$  überbasischem salpetersaurem Bleioxydul bilden. Die Flüssigkeit bleibt, so lange sie kochend ist, ziemlich ungetrübt; nach dem Erkalten setzen sich aber die basischen Salze daraus ab. Das Nemliche geschieht auch, wenn man die Auflösung mit Wasser verdünnt. Die Verwandlung der salpetrigen Säure in Salpetersäure, durch eine veränderte Vertheilung des Sauerstoffs an verschiedenen Portionen des Radicals, ist dieser Säure mit den übrigen unvollkommenen Säuren gemein.

#### 4. *Andere salpetrigsaure Salze.*

Ich habe versucht mittelst des salpetrigsauren Bleioxyduls andere salpetrigsaure Salze zu bereiten, indem ich schwefelsaure Salze mit demselben vermischte, habe bis jetzt aber wenig mehr als die Ueberzeugung von der Möglichkeit sie darzustellen, erhalten. Wenn ich so z. B. schwefelsaures *Kupferoxyd* mit salpetrigsaurem Bleioxydul vermischte, erhielt ich eine grasgrüne Auflösung, welche an der Luft nach und nach basisches salpetersaures Kupferoxyd absetzte, und endlich nach einigen Wochen wiederum blau wurde. Dasselbe erfolgte noch geschwinder in der Wärme. Ich versuchte dieses Salz aus salpetersaurem Kupferoxyd durch

Digestion über Kupfer zu bereiten, es wollte mir aber nicht gelingen ein salpetrigsaures Salz zu erhalten, wahrscheinlich weil die salpetrige Säure mit dem Kupferoxyd kein solches basisches Salz als mit dem Bleioxydul giebt.

*Salpetrigsaures Ammoniak* auf die nemliche Weise, wie das salpetrigsaure Kupferoxyd bereitet, ist ein farbenloses Salz, welches bei einer nicht sehr erhöhten Temperatur sich zersetzt. Bei 40° bis 50° fährt die Auflösung immer fort Gasbläschen zu entbinden, welche reines Stickgas sind; bis zum Kochen erhitzt, schäumt es stark, und die Gasentbindung wird häufiger, und so lange die Auflösung nicht zu sehr concentrirt ist, wird nichts als Stickgas erzeugt, wobei die Auflösung ihre Neutralität behält. Ich verfluchte das Salz in trockener Gestalt darzustellen, indem ich diese Auflösung in flachen Glaschalen in einem trockenen Luftzuge stehen ließ, und erhielt eine undeutlich krySTALLIRTE Salzmasse, welche salpetersaurem Ammoniak gleich war. In einer kleinen Retorte geschmolzen, gab sie sehr viel Gas und eine Menge mit Ammoniak sehr stark beladenes Wasser. Das erhaltene Gas wurde durch Sauerstoffgas nicht geröthet, und hatte alle Eigenschaften des oxydirten Stickgas.

Diese Erscheinungen sind leicht zu erklären. Die salpetrige Säure neutralisirt eine Menge Basis, welche  $\frac{1}{2}$  so viel Sauerstoff als die Säure enthält. Der Sauerstoff der Säure (der des Stickstoffs nicht darin eingerechnet) ist dann genau hinlänglich al-

len durch höhere Oxydirung des Ammoniaks hervorzubringenden Wasserstoff in Wasser zu verwandeln, wobei der Stickstoff der Säure und der des Ammoniaks in Gasform zugleich entbunden werden. Das salpetrigsaure Ammoniak zersetzt sich also, wenn es nicht eine zu concentrirte Auflösung darstellt, in Wasser und Stickgas, und vielleicht giebt dieses Salz die wohlfeilste und sicherste Methode an die Hand, um sich dieses Gas in reinem Zustande zu verschaffen. Die Säure und das Alkali geben gleiche Mengen Stickstoff her; das Alkali enthält aber  $1\frac{1}{2}$  Mal so viel Ammonium als die Säure. Wenn das trockene Salz erhitzt wird, und dabei, wie wir gesehen haben, ganz andere Zerlegungsprodukte hervorbringt, so lassen sich diese auf folgende Weise erklären: Das salpetrigsaure Ammoniak zerlegt sich auf der einen Seite wie das salpetrigsaure Bleioxydul in Salpetergas, salpetersaures Ammoniak und freies Ammoniak (weil das Alkali kein basisches Salz darstellen kann), und auf der andern Seite fährt ein anderer Theil des Alkali fort, sich in Wasser und in Stickgas zu zerlegen; und da das Salpetergas und das Stickgas im Entstehen einander berühren, so bilden sie oxydirtes Stickgas, und die Produkte dieser doppelten Zerlegung werden oxydirtes Stickgas, Wasser, freies Ammoniak, und salpetersaures Ammoniak, welches, indem es sich ferner zersetzt, die Menge des oxydirten Stickgases und des Wassers vermehrt.

\* \* \*

Ich glaube, daß durch diese Versuche *erstens* die Lehre von der *Zusammensetzung der Salpetersäure* mehr ins Klare gesetzt wird, und *zweitens* glaube ich durch sie dargethan zu haben, daß die *salpetrige Säure* eine selbstständige, eigene Salze mit den Basen hervorbringende Säure ist, welche eine Menge Basis neutralisirt, deren Sauerstoff  $\frac{1}{2}$  von dem der Säure beträgt. Einige neuere Chemiker hatten in dieser Säure eine Verbindung von Salpetersäure mit Salpetergas sehen wollen, welche durch Sättigung mit Basen zerlegt werde. Diese Meinung war aber auf Versuche gestützt, welche das wohl nicht bewiesen, was sie beweisen sollten.

Die Kenntniß der salpetrigen Säure ist zur Erklärung einiger Erscheinungen, welche die Salpetersäure zeigt, unentbehrlich. Es ist z. B. bekannt, daß verdünnte Salpetersäure, aus concentrirter farbener Säure gebildet, für mehrere Metalle ein weit schlechteres Auflösungsmittel ist, als die durch Verdünnung von rauchendem Salpetergeist erhaltene Säure. Wäre die rauchende Salpetersäure nichts als eine Auflösung von Salpetergas in Salpetersäure, so würde sich nicht begreifen lassen, wie das Salpetergas hier so wirksam seyn könnte, da es von den aufzulösenden Körpern nicht zerlegt wird. Wenn wir dagegen wissen, daß salpetrige Säure eine Säure eigner Art ist, welche sich leichter als die Salpetersäure zerlegen läßt, so hat die größere Wirksamkeit der aus der rauchenden durch Verdünnung gebildeten Säure für uns nichts Räthselhaftes.

---

## VI.

*Einiges von Thieren,  
aus englischen physikalischen Zeitschriften  
ausgezogen von Gilbert.*

4. *Wie viel Flügelschläge macht ein Insekt beim Fliegen  
in einer Secunde \*)*.

Dieses läßt sich auf zwei Arten finden, mittelst der Lehre vom Schall und durch optische Gründe. — Kein Insekt giebt einen andern Ton von sich, als den, der durch die Flügelschläge desselben entsteht, indem diese auf mechanische Art Schwingungen in der Luft hervorbringen, deren Geschwindigkeit eine bestimmte Tonhöhe entspricht. Beobachtet man daher bei der Biene, der Fliege, der Mücke u. s. w. die Noten, mit denen der Ton im Einklange ist, den sie beim Fliegen hervorbringen, so findet sich hieraus die Zahl ihrer Flügelschläge in einer Secunde. Diesen Weg habe ich indeß nicht eingeschlagen, sondern den optischen.

D' Arcey, Watson und andere haben dargethan, daß der Eindruck des Lichts auf unser Auge eine Zeit lang fort dauert, wenn der Gegenstand aufhört, einen Eindruck darauf zu machen.

\*) Journ. of nat. phil. Vol. 3. G.

Gewöhnlich zeigt man das dadurch, daß eine glühende Kohle, die man schnell im Kreise umschwingt, dem Auge sich als ein glühender Kreis zeigt. Wenn eine Stubenfliege horizontal in der Richtung nach der Sonne fliegt, und man steht so, daß die Gesichtsstrahlen diesen Weg rechtwinklich durchschneiden, so lassen sich die Schläge der Flügel wahrnehmen, indem durch Zurückwerfung des Lichts von ihnen eine Reihe glänzender Flecke oder Sterne entsteht. Fliegt die Fliege mit einer mäßigen Geschwindigkeit, von ungefähr 5 Fuß in der Secunde, so sieht man solcher glänzenden Flecke oder Sterne ungefähr 10 auf jeden Zoll des Raums, den sie zurücklegt; wenn sie dagegen in Gefahr ist und schnell fliegt, so kann jeder Flügelschlag sie um einen Raum von beinahe  $\frac{1}{3}$  Zoll vorwärts bringen. Also kommen in dem ersten Fall auf jede Secunde  $10 \cdot 12 \cdot 5 = 600$  Flügelschläge. Die Geschwindigkeit im zweiten Fall kann ich nicht schätzen, halte sie aber für 6 oder 7 Mal größer, oder von 30 Fuß in der Secunde. Ein Wettrenner kann, im ersten Anfange des Laufs, 90 englische Fuß in der Secunde zurücklegen, indem er 4 bis 5 Sprünge in jeder Secunde macht.

Die Fliege erregt in beiden Fällen im Fluge keinen Schall. Der Ton, den sie hervorbringt, wenn sie fest gehalten wird, oder den die Mücke, wenn sie im Talge des Lichts klebt, mit ihren Flügeln erregt, scheint durch viel stärkere und schnellere Schläge zu entstehen.

2. *Das Spinnen-Gewebe.*

Das Gewebe der Spinne besteht aus concentrischen Vielecken, die so weit von einander abstehen, daß die meisten der kleinen Fliegen ungehindert zwischen sie hindurch fliegen können; auch sind die Fäden, welche die Halbmesser der Polygone ausmachen, und von denen jeder die übereinstimmenden Winkelpunkte der verschiedenen Vielecke mit dem Mittelpunkte verbindet, beträchtlich weit von einander entfernt. Man berühre indess einen der Fäden, welche die Seiten der Polygone bilden, mit dem Kopfe einer Nadel oder mit einem Zahnstocher, und man wird verwundert sehen, daß der Faden an der Nadel kleben bleibt, wenn man sie zurückzieht, und sich fast bis auf das Doppelte verlängert, ehe er von ihr los läßt, auch dann nicht zerreißt, sondern ohne Unordnung in seine erste Lage zurückkömmt. Die Insekten werden durch den klebrigen Leim gefangen, der diese Fäden überzieht, und der seine Klebrigkeit lange Zeit über behält, und sehr fest haftet. Wenn man die Fäden mit einer Loupe besieht, so zeigt er sich als kleine an einander stoßende Körnchen längs den Fäden. Die Halbmesser der Polygone sind mit diesem klebrigen Leim nicht überzogen; sie dienen dem Räuber, der in der Mitte lauert, als Stege, auf denen er schnell herbeieilt, sobald in irgend einer Stelle des Netzes ein Fang vor sich geht. Diese Bemerkung gehört Hrn. Prevost.

3. Beobachtungen über die fliegende Spinne, von  
Teed, Esq. in Lancaster.

Ich habe vor Kurzem den bewundernswürdigen Instinct der sogenannten fliegenden Spinne (*aranea diadema*) näher zu betrachten Gelegenheit gehabt. An einem schönen September-Abend gieng ich in meinem Garten umher, und sah eine dicke Spinne im Mittelpunkte ihres Gewebes auf Insekten lauern. Ich hob sie mittelst einer Ruthe fort, und hielt sie schwebend zwischen mir und der Sonne. Sie ließ sich ungefähr 3 Fuß tief herab, und alsbald theilte sich der Faden, an dem sie hieng, in 5 oder 6 andere feine halb so lange Fäden, die an dem oberen Ende frei waren und vom Winde bewegt wurden. Das Ende eines dieser Fäden blieb an der Spitze eines Baumzweigs hängen; die Spinne versuchte darauf mit einem ihrer Hinterbeine, ob er fest haftete, und da ich ihre Absicht merkte, bewegte ich die Ruthe, so daß er straff wurde. Sie kletterte sogleich mit vieler Leichtigkeit längs desselben auf den Baum. Ich begriff nun, wie dieses Insekt es anfängt, um von einem Ende eines Gartens zum andern, und über Heerstraßen und Flüsse weg zu kommen. — Ich wiederholte das vorige Verfahren, mit dem Unterschiede, daß ich es vermied, daß der flatternde Faden sich nicht an Zweige anklebte. Der Wind trieb ihn fort, und ich hatte das Vergnügen zu sehen, daß er immer länger wurde, indem immer mehr davon aus dem Leibe der Spinne herauskam; der Wind reicht allein zu dieser Art von Abspinnen



hin, wobei das Insekt wahrscheinlich durch innere Kraft mitwirkte. Der Faden wurde auf diese Art wenigstens 30 Fufs lang; endlich erreichte er eine Mauer, an die er sich fest klebte, und sogleich lief die Spinne auf dieser Art von Seil nach der Mauer. Ich habe diese Versuche häufig wiederholt, und empfehle sie Freunden der Naturgeschichte.

Die Natur scheint diesen kleinen Thieren das Vermögen gegeben zu haben, nach Willkühr einen oder mehrere klebrige Fäden zugleich zu spinnen, und einen solchen Faden nach Belieben verlängern zu können, wodurch sie ein Mittel haben, sich in bedeutende Entfernungen zu versetzen. Wahrscheinlich lehrt es sie der Instinct, wenn der Wind günstig ist um einen Gegenstand, nach dem sie hin wollen, mit ihren Fäden zu erreichen. Diese sonderbare Eigenschaft kömmt nur dieser Art von Spinnen zu; ich habe sie bei keiner andern bemerkt. Die grössten Spinnen spinnen die dicksten Fäden, und sind daher zur Beobachtung die besten; die kleinen haben aber dasselbe Vermögen. Wie die Fäden sich sogleich trennen, wenn sie aus dem Körper der Spinne kommen, und wie diese es anfängt, einen einfachen oder mehrfachen Faden nach Willkühr zu spinnen, weiß ich mir nicht zu erklären.

Keine der in England einheimischen Spinnen ist giftig. Sie tödten die kleinen Thiere, indem sie sie mit ihrem starken Fresswerkzeuge angreifen, und ihnen das Blut auslaugen.

4. *Die Spinnen als Wetterverkündiger, Bemerkungen von C. von Oeynhausen* \*).

Alles, was Quatremere d'Isjonval über die Spinnen gesagt hat, fand der Verf. vollkommen bestätigt. Eine Hauptsache ist, daß man die Spinnen nicht füttert, und überhaupt ihnen nicht merken läßt, daß man sie beobachtet; es versteht sich, daß sie sonst auf keine Weise gestört werden dürfen. Je weiter alsdenn die Spinne vorn im Netze sitzt und je weiter sie ihre Vorderbeine heraus streckt, desto länger kann man auf gutes Wetter rechnen. Je weiter sie sich aber mit umgekehrtem Leibe hinten ins Loch verkriecht, desto anhaltend schlechter wird das Wetter. Die großen oder alten Spinnen zeigen das Wetter weit genauer als die jungen an. Wegen vorfallender Zufälligkeiten aber ist es nöthig, mehrere zu beobachten. Die Frühstunden sind dazu die tauglichsten. Wenn man um 10 Uhr die Spinne im Mittelpunkte ihres Netzes antrifft und sie dasselbe mit ihren Füßen rüttelt, so ist einer der schönsten Tage zu erwarten.

5. *Der fliegende Sommer.*

Hr. M. Strak, Lehrer, damals an dem Pädagogio zu Halle, jetzt am Gymnasium zu Wertheim, hat durch seine Beobachtungen der kleinen schwarzen Spinne, *Aranea obtextrix*, welche er in der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle vorgelesen, die Streitfrage über die Entstehung des fliegenden

\*) Allg. Litt. Zeit. 1811. S. 759.

Sommers genügend entschieden. Er sammelte von dieser Spinnenart, welche kaum die Größe eines Stecknadelknopfs hat, eine Menge in ein Zucker-  
glas, in das er ein Stück Rasen gelegt hatte. Sie  
fingen sogleich an zu arbeiten, und in wenig Stun-  
den war das Glas nach allen Richtungen mit weiß-  
sen Fäden durchzogen. Als der Rasen im Glase  
anfang trocken zu werden, und er ihn bespritzte,  
kamen die Spinnen eilig herbei, und saßen die an  
den Fäden hängenden Tropfen mit sichtbarer Gie-  
rigkeit ein. So auch Milch. Andere, welche trok-  
ken eingesperrt blieben, starben nach 14 Tagen.

6. *Bemerkungen über die Blutigel, von Peek \*).*

Will man Blutigel aufbewahren, so darf ma  
ihrer nur wenige in eine Acht-Unzen-Flasche  
thun, und muß man diese nur zu  $\frac{2}{3}$  mit Quellwasser  
anfüllen, und den Boden mit weißem Sande oder  
mit Moos bedecken. Sie haben keine andere Aus-  
leerung, als durch Transpiration, und die Materie,  
welche sie ausschwitzen, setzt sich an ihrem Körper  
in Gestalt einer Haut fest; diese würde daher sehr  
bald ihre Poren verstopfen und sie tödten, gäbe  
man nicht dem Thiere Sand oder Moos, an dem  
es sich von dieser Haut befreien kann, welche  
man dann im Wasser umher schwimmen sieht. Der  
Hals der Flasche muß mit Blase überbunden wer-  
den, in die man mit einer Nadel Löcher sticht.  
Quellwasser ist den Blutigeln das zuträglichste; alle  
Wochen müssen sie frisches bekommen, das aber

P 2

\*) Philof. Magaz. 1809.

nicht viel kälter seyn darf, als das Wasser, worin sie sich in der Flasche befinden. Eine mittlere Temperatur ist ihnen am angemessensten.

Liegen die Blutigel am Boden des Glases ausgestreckt oder gewunden ohne Bewegung, so zeigt das im Sommer helles und schönes Wetter, und im Winter trockne Kälte an.

Halten sie sich im obern Theile des Wassers auf, so regnet oder schneit es in den nächsten 24 Stunden.

Bewegen sie sich mit Schnelligkeit, so verkündet das Wind, und selten kommen sie dann eher zur Ruhe, bis der Wind sehr stark geworden ist.

Hält sich der Blutigel lange außer dem Wasser auf, und bemerkt man an ihm heftige und zuckende Bewegungen, welche beweisen, daß er stark leidet, so ist ein Gewitter im Anzuge.

Will man einen Blutigel an einer Stelle der Haut sich anlaugen lassen, so muß man diese mit Seifenwasser ganz rein waschen. Ist die Haut mit Salben oder Pflastern beschmiert, so heißt der Blutigel nicht an, oder wenn er es thut, so stirbt er. Stehn Haare an einer solchen Stelle, so muß man sie mit einem Rasirmesser dicht an der Haut abscheren, damit sie das Thier nicht beschweren. Man legt dann den Menschen so horizontal als möglich, thut so viel Blutigel, als zugleich saugen sollen, in ein Glas, bringt den Rand desselben an die bestimmte Stelle, und neigt es ein wenig. Das Glas hält sie während des Saugens, und sichert sie vor

dem Herabfallen. Haben sie genug gesogen, so braucht man nur ein wenig Salz vor ihr Maul zu bringen; sogleich fallen sie ab, in das Glas zurück. Wenige große Blutigel wirken besser als viele kleine.

Man legt jeden Blutigel, der sich voll Blut gesogen hat, einzeln auf einen Teller, und streut auf das Maul desselben so viel fein geriebnes Küchenalz, als man zwischen zwei Fingern faßt. Nachdem er etwas in Betäubung gelegen hat, bricht er einen Theil des eingesognen Blutes fort. Man wiederholt dieses Verfahren so oft, bis er alles Blut von sich gegeben hat, muß dabei aber darauf sehen, daß das Salz mit keinem andern Theile als bloß mit dem Maule in Berührung kömmt; denn es greift die Haut des Thieres an, und kann es tödten. Man kann dann den Blutigel in ein Gefäß mit Wasser thun; hat er keinen Schaden genommen, so bewegt er sich in dem Wasser lebhaft und scheint sehr munter zu seyn; ist er aber krank, so sinkt er zu Boden, und dann muß man ihn in einer Flasche mit Wasser allein aufheben, bis er wieder munter wird.

Diese Bemerkungen sind Resultate von vieljährigen Beobachtungen, und nicht ohne Werth, da die Blutigel nützlicher sind, als man gewöhnlich glaubt, ganz besonders in der gefährlichen Kinderkrankheit, die unter dem Namen Croup bekannt ist. Daß Blutigel, kurz nachdem sie Blut gesogen haben, nicht als Wetteranzeiger dienen können, brauche ich kaum zu erinnern. Sie sind dann häufig krank, und verbergen sich ganze Tage lang im Sande.

7. *Zwei Vorfälle im Ganges mit einem Krokodil  
und einem Hayfische \*).*

*Kedgerie*, 24. Juni 1804. Am Dienstag Abend sprang ein großes Krokodil (Alligator) der Quere nach über eins der Wachtboote fort, die hier ihre Station haben, erschnappte einen Mann, der in dem Boote stand, beim Bauche, und zerbiss ihn in zwei Stücke; zwei andere Menschen wurden schwer verwundet. Keiner will mehr in den Wachtbooten bleiben.

Im Mai 1804 wurde einem Hindus, der sich zugleich mit vielen andern Männern und Weibern in dem Ganges unweit Calcutta badete, das Fleisch von dem Schenkel bis auf den Knochen und das Knie herab abgerissen. Das Geschrei des Unglücklichen und der schreckliche Anblick seiner Wunde brachte alles zur schleunigsten Flucht. Man hielt anfangs einen Alligator für den Urheber der Gräueltthat, aber bald zeigte sich ein großer Fisch, der, nach dem Schwanze und den Flossfedern zu urtheilen, ein Mango, das heißt, ein Hayfisch war. Die Polizei setzte sogleich eine Belohnung für den aus, welcher diesen gefährlichen Feind einfangen würde, und versprach alle Netze zu bezahlen, die er zerreißen würde. Mehrere Fischer machten sich an die Arbeit, und verfolgten den Fisch so unablässig und mit solcher Geschicklichkeit, daß sie ihn endlich nicht weit von dem Orte, wo er den Hindus verwundet hatte, einfingen. In seiner Wuth hatte

\*) *Asiatic annual register for 1805.*

er zwei ihrer allerstärksten Netze zerrissen; endlich aber erschöpfte sich seine Kraft, und aus dem dritten konnte er sich nicht mehr befreien. Der Fisch war 6 Fuß lang und hatte bei den Flossen einen Umfang von 36 Zoll. Sein weiter Rachen konnte eine noch grössere Beute als einen Hindus-Schenkel verschlingen, und war voll spitzer dichtstehender Zähne. Der unglückliche Hindu, den das Ungeheuer halb verschlungen hatte, starb nach wenig Zeit.

8. *Wanderungszeit einiger Schwalbenarten um London, von Th. Forster, Esq. \*)*

Ich habe seit einigen Jahren zu *Clapton* genau die Zeit des ersten und des letzten Erscheinens einiger der Schwalbenarten, welche England besuchen, bemerkt und aufgeschrieben, und theile sie hier mit, da ich glaube, daß sie die Naturforscher interessieren werde.

Erstes Erscheinen	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Hirundo urbica</i>	<i>Hirundo apus</i>	<i>Jynx</i>
1806	2. April	26. April	—	1. Mai
1807	1. Mai	1. Mai	16. Mai	30. April
1808	18. April	1. Mai	14. Mai	1. Mai
1809	28. April	5. Mai	—	—
1810	21. April	21. April	19. Mai	21. April
Letztes Erscheinen				
1808	17. Oct.	18. Oct.	14. Aug.	—
1809	8. Oct.	16. Oct.	13. Aug.	—

\*) *Journal of natur. philos.* 1810.

## VII.

*Eine neue Gasart*

*und Beantwortung des letzten Aufsatzes des Hrn.  
Murray über das oxygenirt-salzsaure Gas.*

Von

JOHN DAVY.

Der Leser dieser Annalen wird sich aus St. 9., 1811., S. 84 erinnern, daß Hr. Murray in Edinburg in dem Februarhefte 1811. der physik. Zeitschrift Nicholson's die neue Lehre Humphry Davy's von der *Chlorine* zu widerlegen, und durch Schlüsse und Versuche darzuthun gesucht hat, das *oxygenirt-salzsaure Gas* sey eine Verbindung von Sauerstoff mit einer unbekannten Basis, die man *Salzsäure* nenne, und das *satzsaure Gas* eine Verbindung eben dieser Basis mit Wasser, — der gewöhnlichen Hypothese entsprechend. Die eben daselbst angekündigte Beantwortung dieses Aufsatzes durch John Davy, (den jüngern Bruder) erschien bald darauf. Herr Murray setzte ihr einen zweiten Aufsatz in Nicholson's *journal* Juni 1811. entgegen, worauf eine Replik von John Davy in dem Septemberstück und in der *Bibl. britann.* Oct. 1811. erschienen ist. Diese Replik giebt eine kurze Uebersicht der frühern Streitschriften, und erhält durch das Bekanntmachen einer neuen Gasart, durch die der Streit entschieden wird, ein ganz besonderes Interesse. Ich theile sie daher dem Leser hier in einer freien Uebersetzung mit.

Gilbert.



London, d. 9. Aug. 1811.

— Hr. Murray hat durch die Erscheinungen, welche entstehen, wenn *oxygenirt-salzsaures Gas* und *gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd* auf einander einwirken, den Beweis vor ungefähr einem halben Jahre zu führen versucht, daß in dem erstern Gas Sauerstoff vorhanden sey. Sind beide Gasarten gehörig getrocknet, so sollen sie, nach ihm, wenn sie mit einander gemischt dem Sonnenlichte ausgesetzt werden, sich nicht verändern, wohl aber soll, wenn ihnen noch *Wasserstoffgas* zugeetzt wird, dieses geschehen, und dabei *kohlensaures Gas* gebildet werden. — Eben so soll nach ihm *oxygenirt-salzsaures Gas*, wenn es in hinreichender Menge dem *Schwefel-Wasserstoffgas* zugeetzt wird, dem Schwefel Sauerstoff abtreten, und ihn in *schweflige Säure* oder selbst in *Schwefelsäure* verwandeln können. — Er sah sich indess gezwungen, um diese Veränderungen, welche er der Gegenwart des *Wasserstoffs* zuschreibt, zu erklären, gegen alle Analogie anzunehmen, das *salzsaure Gas* sey eine Verbindung nicht nach festen, sondern nach unbestimmten Mischungs-Verhältnissen, in welchen allen es die Eigenschaft des gewöhnlichen *salzsauren Gas* besitze, mit dem man bis jetzt allein Versuche angestellt habe.

Hier im kurzen die Thatfachen, welche ich dieser Vertheidigung der gewöhnlichen Hypothese entgegen zu setzen versucht habe.

Zuerst that ich dar, daß wenn das *oxygenirt-salzsaure Gas* und das *Schwefel-Wasserstoffgas*

beide gehörig getrocknet sind, in ihrer Einwirkung auf einander nichts als *salzsaures Gas* und Thomson's *schwefelhaltige Flüssigkeit* entstehen, und daß Hr. Murray Schwefelsäure bloß deshalb erhielt, weil er das Wasser nicht ausgeschlossen hatte.

Darauf entdeckte mein Bruder Humphry Davy eine *neue Gasart*, welche bei demselben Verfahren entsteht, durch das Hr. Thomson kohlenlaures Gas erhalten zu haben behauptet; dieses Gas hatte, sagt er, die Eigenschaft, das *gasförmige Kohlenstoff-Oxyd* in *Kohlensäure* zu verwandeln, weil es eine Verbindung von oxygenirt-salzsaurem Gas mit Sauerstoff war \*).

Endlich schien es mir, daß wenn man bedenke, wie schwierig es sey, alle Feuchtigkeit bei diesen Versuchen gänzlich auszuschließen, man keineswegs berechtigt sey anzunehmen, daß das oxygenirt-salzsaure Gas das gasförmige Kohlenstoff-Oxyd beim Detoniren beider mit Wasserstoffgas in kohlenlaures Gas verwandle. Denn als so z. B. 10 Maas gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd mit oxygenirt-salzsaurem Gas und mit Wasserstoffgas vermischt und durch den elektrischen Funken entzündet wurden, verschwanden in der Mengung nur 2 Maas, und blieben 8 Maas reines gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd zurück. Bedenkt man, daß die ganze Menge aller drei Gasarten, womit operirt wurde, in diesem Fall nur  $\frac{1}{2}$  Kubikzoll betrug, und daß  $\frac{1}{2}$  Grain Wasser Sauerstoff genug enthält, um unge-

\*) Humphry Davy's *Euchlorine*, vergl. *Annal. St. 9.* 1811. od. B. 8. S. 90.

fähr 4 Kub. Zoll gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd in kohlenlaures Gas verwandeln zu können, so wird man dieses Resultat sehr genügend finden.

Hr. Murray ist anderer Meinung. Er sieht in seinem letzten Aufsatze (in dem Junihefte des Nicholson'schen Journals 1811) das Verschwinden von 2 Maas gasförmigem Kohlenstoff-Oxyde als einen Beweis an, daß das oxygenirt-salzsaure Gas eine Verbindung einer unbekannten Basis mit Sauerstoff sey, giebt das Detail eines Versuchs mit den drei gemischten Gasarten, bei dem er sich reines oxygenirt-salzsauren Gas bedient hat, und schließt daraus, die Erzeugung von kohlenlaurem Gas in diesem Versuche sey nunmehr außer allen Zweifel gesetzt.

Folgendes ist das Detail des Versuchs, u. Hrn. Murray's Beweis, daß darin kohlenlaures Gas entsteht: Er setzte ein Gemisch von 1 Maas *gasförmigem Kohlenstoff-Oxyd*, 1 Maas *Wasserstoffgas* und 2 Maas *oxygenirt-salzsaurem Gas* dem Sonnenlichte aus. Nach 36 Stunden ließ er Ammoniakgas zusteigen, um die Sättigung zu vollenden; und da er fand, daß der größte Theil des gasförmigen Kohlenstoff-Oxyds verschwunden war, und daß ein Theil der entstandenen Ammoniak-Salze die Eigenschaft hatte, mit verdünnter Salpetersäure aufzubrausen, so zog er daraus sogleich den Schluß: „das Entstehen von Kohlenlaure in diesem Versuch sey entscheidend dargethan, und lasse nicht mehr den geringsten Zweifel zu.“

Allein ich kann nunmehr das Vorhandenseyn einer neuen Gasart ankündigen, welche in Hrn.

Murray's Versuche wirkte, ohne daß er sie wahrnahm, und welche die Erscheinungen hervorbrachte, die er mit Unrecht einer Bildung von kohlenfaurem Gas zuschreiben will.

Ich hatte seinen hier beschriebenen Versuch wiederholt, und konnte, nachdem das Ammoniak zugesetzt war, keine Spur von gasförmigem Kohlenstoff-Oxyd in dem Gasrückstande finden; das entstandne Ammoniakallsalz brauste, wie er es angiebt, mit verdünnter Salpetersäure. Dieses veranlaßte mich, seinen Versuch mit oxygenirt-salzsaurem Gas und gasförmigem Kohlenstoff-Oxyd, ohne Zusatz von Wasserstoffgas, zu wiederholen; und beide gaben, gemischt und dem Sonnenlichte ausgesetzt, dasselbe Resultat, d. h. eine vollkommene Condensirung durch Ammoniak, ohne daß die kleinste Spur von gasförmigem Kohlenstoff-Oxyde zurückblieb. Dadurch war also dargethan, daß das oxygenirt-salzsaure Gas wirklich auf das gasförmige Kohlenstoff-Oxyd einwirkt, welches Herr Murray geläugnet hatte.

Ich suchte nun die *Natur des Gas*, welches durch diese Verbindung entsteht, genauer kennen zu lernen, und bei diesen meinen Versuchen war Hr. Brande gegenwärtig.

Der atmosphärischen Luft zugesetzt, trübt es diese nicht. Es hat einen erstickenden und unerträglichen Geruch; ist farbenlos; wirkt nicht auf das Quecksilber, und wird vom Wasser sehr langsam eingefogen.

Wir schlossen aus diesen Eigenschaften sogleich, daß es eine eigenthümliche und neue *Verbindung von Kohlenstoff-Oxyd mit oxygenirt-salzsaurem Gas* sey; und diese Meinung hat sich bei der genauern Untersuchung des Gas vollkommen bestätigt gefunden. Ich werde das Detail meiner Versuche in kurzem der königl. Societät mittheilen, und begnüge mich; hier nur die allerausgezeichnetsten Eigenschaften dieser neuen Verbindung bekannt zu machen.

Dieses Gas entsteht in 2 oder 3 Minuten, wenn man gleiche Volumina gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd und oxygenirt-salzsaures Gas in einer Röhre über trocknes Quecksilber zusammenbringt, und in das Sonnenlicht, oder auch nur in das Tageslicht setzt. Beide verdichten sich miteinander, und dabei vermindert sich ihr voriges Volumen genau auf die Hälfte. Dieses neue Gas ist daher unter allen bekannten das dichteste, das einzige flüsslaure Gas ausgenommen.

Es hat die Eigenschaften einer Säure in einem ausgezeichneten Grade; röthet die Lackmustinktur; verbindet sich mit dem Ammoniak, und hat eine so große Sättigungs-Capacität, daß es fast das 4fache seines eignen Volums an Ammoniakgas condensirt, und damit ein vollkommen neutrales, zerfließbares und im Wasser sehr auflösliches Salz bildet. Zu dem trocknen Ammoniak hat es eine so starke Verwandtschaft, daß es das kohlenlaure Ammoniak zersetzt, und daß die Essigsaure das Ammoniak demselben nicht zu entziehen vermag.

Herr Murray ist dadurch getäuscht worden, daß verdünnte Salpetersäure dieses Ammoniakfalz mit Aufbrausen zersetzt. Es wird nämlich hierbei das Wasser zersetzt, indem die oxygenirte Salzsäure des Gas sich des Wasserstoffs bemächtigt, um sich damit in gewöhnliche Salzsäure zu verwandeln, und das Kohlenstoff-Oxyd sich mit dem Sauerstoff des Wassers zu Kohlenensäure verbindet, die in Gasgestalt entweicht. Dieses muß jedem einleuchten, wenn man bedenkt, daß das neue Gas, wenn es einzeln mit Sauerstoffgas oder mit Wasserstoffgas vermengt wird, durch den elektrischen Funken sich nicht entzünden läßt, dagegen heftig detonirt, wenn man es einem in gehörigem Verhältniß gemachten Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zusetzt \*), und daß es dann salzsaures Gas und kohlenfaures Gas und nichts weiter hervorbringt.

Die Wirkung verschiedner Metalle und ihrer Oxyde auf dieses Gas beweist ebenfalls, daß es eine Verbindung aus gleichen Voluminibus gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd und oxygenirt-salzsaures Gas ist, die bis auf die Hälfte ihres Volumens sich verdichtet haben. Wenn man so z. B. Zinn, Zink oder Spießglanz in diesem Gas in kleinen Glasröhren über Quecksilber erhitzt, so wird das Gas schnell zersetzt, und in allen diesen Fällen erscheint gasförmiges Kohlenstoff-Oxyd, welches genau dasselbe Volumen hat, als das zersetzte Gas, und es bleibt als

\*) D. h. unästretig in dem Verhältniß von 1 Maas Sauerstoffgas auf 2 Maas Wasserstoffgas, in welchem sie sich mit einander zu Wasser verbinden. Gilbert.

Rückstand eine Verbindung des angewendeten Metalls mit oxygenirter Salzsäure, welche genau der gleich ist, die man durch Verbrennen desselben Metalls in reinem oxygenirt-salzaurem Gas erhält.

Dieselbe Zersetzung läßt sich auch mit *Zinkoxyd* und mit *Spießglanzoxyd* bewirken. In beiden Fällen erhält man kohlenfaures Gas, und im erstern eine Verbindung von Zink und oxygenirt-salzaurem Gas, im letztern, wenn man das schmelzbare Oxyd im Minimo genommen hat, Spießglanzbutter und unschmelzbares Spießglanzoxyd im Maximo; ein Beweis, daß auch im ersten Fall das Zinkoxyd den zur Bildung der Kohlen Säure nöthigen Sauerstoff hergiebt, und nicht das oxygenirt-salzaure Gas.

Dieses sind einige der Hauptumstände, unter welchen sich das neue Gas bildet. Da es die Lakmustinktur röthet und die Ammoniak-Salze zersetzt, muß man es als aus zwei acidifizirenden Principien, die an Eine brennbare Basis gebunden sind, bestehend betrachten \*).

Hr. Murray wird, wenn er diese Thatfachen bedenkt, nicht mehr behaupten wollen, „daß die „Erzeugung der Kohlen Säure in seinem Versuche „keinem Zweifel unterworfen sey,“ vielmehr zugeben, daß das, was er für kohlenfaures Gas hielt, nichts anders war, als die hier beschriebene neue Gasart. Wir sehn hier ein Beispiel, welchen Nachtheil es hat, für irgend eine Hypothese allzusehr eingenommen zu seyn, und daß Baco sehr mit

\*) Nämlich aus Sauerstoff und Chlorine an Kohlenstoff gebunden.



Recht gesagt hat: *Quod mavult homo esse verum id facile credit.*

Ich habe in meinem vorigen Aufsatze bemerkt, daß beim Detoniren einer Mischung von *Kohlen-Wasserstoffgas* und oxygenirt-salzsaurem Gas kein kohlenlaures Gas entsteht, und dieses dem Umstande zugeschrieben, daß Kohlenstoff in Substanz niedergeschlagen wird. Ich habe denselben Versuch mit *öhlerzeugendem Gas* und mit *Kohlen-Wasserstoffgas* gemacht, welches man durch Zersetzung von essigsaurem Kali durch Hitze erhält. Hr. Murray sagt, er habe diesen Versuch, bei dem ich gleichfalls irregeführt worden sey, wiederholt. Allein er nahm dazu das durch Destillation aus nassen Kohlen entbundene Gas, und man muß sich verwundern, wie es ihm unbekannt geblieben ist, daß der Dr. Henry dargethan hat, daß dieses Gas eine Mischung von *Kohlen-Wasserstoffgas* und gasförmigem *Kohlenstoff-Oxyde* ist \*); daher zu erwarten war, daß es beim wiederholten Durchsteigen mit oxygenirt-salzsaurem Gas durch Kalkwasser, *Kohlenäure* bilden würde, wie er es gefunden hat, und wie man es immer findet, wenn man auf die nämliche Weise eine Mischung reines gasförmiges *Kohlenstoff-Oxyd* und oxygenirt-salzsaures Gas behandelt.

\*) Die Abhandlung des Dr. Henry, welche hier gemeint ist, wird in einem der folgenden Hefte dieser Annalen erscheinen. Uebrigens ist, was hier *Kohlen-Wasserstoffgas* genannt wird, nicht das wahre, sondern *Sauerstoff* haltendes *Kohlen-Wasserstoffgas*. Gilbert.



Fig. 1.

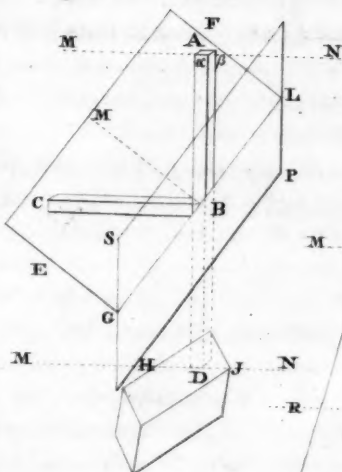
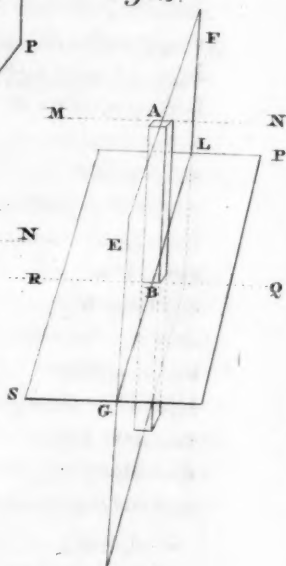


Fig. 2.



100

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the  
the eleventh is the fact that the  
the twelfth is the fact that the  
the thirteenth is the fact that the  
the fourteenth is the fact that the  
the fifteenth is the fact that the  
the sixteenth is the fact that the  
the seventeenth is the fact that the  
the eighteenth is the fact that the  
the nineteenth is the fact that the  
the twentieth is the fact that the  
the twenty-first is the fact that the  
the twenty-second is the fact that the  
the twenty-third is the fact that the  
the twenty-fourth is the fact that the  
the twenty-fifth is the fact that the  
the twenty-sixth is the fact that the  
the twenty-seventh is the fact that the  
the twenty-eighth is the fact that the  
the twenty-ninth is the fact that the  
the thirtieth is the fact that the  
the thirty-first is the fact that the  
the thirty-second is the fact that the  
the thirty-third is the fact that the  
the thirty-fourth is the fact that the  
the thirty-fifth is the fact that the  
the thirty-sixth is the fact that the  
the thirty-seventh is the fact that the  
the thirty-eighth is the fact that the  
the thirty-ninth is the fact that the  
the fortieth is the fact that the  
the forty-first is the fact that the  
the forty-second is the fact that the  
the forty-third is the fact that the  
the forty-fourth is the fact that the  
the forty-fifth is the fact that the  
the forty-sixth is the fact that the  
the forty-seventh is the fact that the  
the forty-eighth is the fact that the  
the forty-ninth is the fact that the  
the fiftieth is the fact that the  
the fifty-first is the fact that the  
the fifty-second is the fact that the  
the fifty-third is the fact that the  
the fifty-fourth is the fact that the  
the fifty-fifth is the fact that the  
the fifty-sixth is the fact that the  
the fifty-seventh is the fact that the  
the fifty-eighth is the fact that the  
the fifty-ninth is the fact that the  
the sixtieth is the fact that the  
the sixty-first is the fact that the  
the sixty-second is the fact that the  
the sixty-third is the fact that the  
the sixty-fourth is the fact that the  
the sixty-fifth is the fact that the  
the sixty-sixth is the fact that the  
the sixty-seventh is the fact that the  
the sixty-eighth is the fact that the  
the sixty-ninth is the fact that the  
the seventieth is the fact that the  
the seventy-first is the fact that the  
the seventy-second is the fact that the  
the seventy-third is the fact that the  
the seventy-fourth is the fact that the  
the seventy-fifth is the fact that the  
the seventy-sixth is the fact that the  
the seventy-seventh is the fact that the  
the seventy-eighth is the fact that the  
the seventy-ninth is the fact that the  
the eightieth is the fact that the  
the eighty-first is the fact that the  
the eighty-second is the fact that the  
the eighty-third is the fact that the  
the eighty-fourth is the fact that the  
the eighty-fifth is the fact that the  
the eighty-sixth is the fact that the  
the eighty-seventh is the fact that the  
the eighty-eighth is the fact that the  
the eighty-ninth is the fact that the  
the ninetieth is the fact that the  
the ninety-first is the fact that the  
the ninety-second is the fact that the  
the ninety-third is the fact that the  
the ninety-fourth is the fact that the  
the ninety-fifth is the fact that the  
the ninety-sixth is the fact that the  
the ninety-seventh is the fact that the  
the ninety-eighth is the fact that the  
the ninety-ninth is the fact that the  
the hundredth is the fact that the

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

JAHRGANG 1812, DRITTES STÜCK.

---

## I.

*Die Blausäure, die flüchtigste aller Flüssigkeiten,  
und Verdunstungskälte, welche sie erregt:*

von

GAY-LUSSAC, Mitgl. d. Inst.

(Vorgelesen im Institut. am 4. Febr. 1811.)

Seit der Entdeckung der Blausäure durch Scheele, und seit den Arbeiten Berthollet's und Clouet's über sie, haben wir nichts von Belang über die Natur dieser Säure erhalten. Zwar ist sie nicht bloß zersetzt, sondern auch durch Uebertreiben von Ammoniakgas über glühende Kohlen wieder zusammengesetzt worden; bis jetzt hatte man sie aber noch nicht völlig rein dargestellt, und es war unbekannt, in welchem Zustande sie sich dann befindet. Ich habe mich bemüht, dieses auszumitteln, und werde hier den Beweis führen, daß die Blausäure *keine* permanent-elastische Flüssigkeit ist, wohl aber im tropfbaren Zustande selbst den

Annal. d. Physik. B. 46. St. 3. J. 1812. St. 3. Q

Schwefel-Aether an Flüchtigkeit übertrifft. Sie siedet nämlich [unter dem gewöhnlichen Luftdrucke] schon bei einer Wärme von  $26^{\circ},5$  der Centesimal-Skale ( $21^{\circ},2$  R.); und in Temperaturen von  $20$  bis  $26^{\circ}$  C. dilatirt sie die Luft oder die Gasarten, mit denen sie in Berührung ist, so bedeutend, daß sie ihnen ihre Eigenschaften mittheilt, so daß es dann scheint, man habe es mit der Blausäure in einem permanent-elastischen Zustande zu thun.

Ich wünschte zum Behuf andrer Untersuchungen zu wissen, ob sich die Blausäure in dem Zustande eines Gas erhalten läßt, und versuchte zu dem Ende blausaures Quecksilber durch Salzsäure zu zersetzen, wie das Hrer Proust gelehrt hat. Nachdem die Luft der Gefäße übergegangen war, verbreitete sich ein heftiger Geruch nach Blausäure, und nun hing ich das Gas, welches sich entband, in Glocken über Quecksilber auf. Ich erhielt auf diese Art mehrere Glocken voll einer brennbaren und stark riechenden elastischen Flüssigkeit, welche Blausäure in Gasgestalt zu seyn schien. Beim Fortgange der Operation bemerkte ich aber, daß Tropfen einer Flüssigkeit eigner Art durch das Quecksilber in den Glocken anschwammen, und, sobald sie die Oberfläche des Quecksilbers erreicht hatten, den Gaszustand annahmen, und das Quecksilber bedeutend sinken machten. Die Temperatur war damals  $20^{\circ}$  C. Am andern Tage, als die Temper. nur  $12^{\circ}$  C. war, hatte sich das Gasvolumen sehr vermindert, und es erschien tropfbare Flüssigkeit selbst in Glocken,

in denen sie zuvor nicht gewesen war. Dieses ließ mich nicht mehr daran zweifeln, daß die Blausäure eine sehr flüchtige tropfbare Flüssigkeit ist, und es glückte mir endlich, sie als solche wirklich zu erhalten, nach manchen fruchtlosen Versuchen, die ich hier übergehe; und zwar auf folgende Weise:

Ich that blausaures Quecksilber in eine Tubulatur-Retorte, kittete an den Hals derselben eine gekrümmte Röhre, deren längerer Schenkel in eine kleine tubulirte Mittelflasche herabging, welche Kreide und salzsauren Kalk enthielt, um Salzsäure und Wasser, die übergehen würden, zurück zu halten; verband diese Flasche durch eine gekrümmte Röhre mit einer zweiten Mittelflasche voll salzsauren Kalk, und diese mit einer dritten Flasche mit eingeriebenem Stöpsel, welche bestimmt war, die Blausäure in sich aufzunehmen. Alle drei Flaschen wurden mit einer Frostmischung aus 2 Theilen Eis und 1 Theil Salz umgeben. Als der Apparat eingerichtet war, goß ich schwach rauchende Salzsäure in die Retorte und gab mäßige Wärme. Das blausaure Kali löste sich bald auf, und die Flüssigkeit schien zu kochen. In der That stiegen aus ihr Dämpfe auf, welche sich zum Theil aber schon in dem Halse der Retorte verdichteten und Streifen gleich dem Alkohol bildeten. Sobald Wasser überzugehen anfang, unterbrach ich die Operation. Zwar läßt sich auch dann noch Blausäure überdestilliren, doch ist es besser, das erste Product allein zu behalten und dann den Process fortzusetzen.

Gewöhnlich condensirt sich alle Blausäure in der ersten Mittelflasche. Ist kein Wasser übergegangen, so behält der salzsaure Kalk, der in ihr befindlich war, die feste Gestalt. Hat sich dagegen Wasser mit eingefunden, so erhält man zwei sehr verschiedene Flüssigkeiten über einander stehend; nämlich zu unterst eine Auflösung von salzsaurem Kalk in Wasser, und darüber Blausäure, welche in der ersten Flasche gemeinlich etwas farbig erscheint. Will man sie rectificiren, so braucht man nur, sobald man mit dem Uebertreiben aufhört, aus der ersten Mittelflasche die Röhre herauszuziehen, welche sie mit der Retorte in Verbindung setzt, den Tubulus genau zuzupfropfen, und nachdem man die Frostmischung von der ersten Flasche weggenommen hat, diese Flasche ein klein wenig, entweder in einem Wasserbade oder mitteltst glühender Kohlen, doch nicht über 30 bis 35° C., zu erhitzen. Die Blausäure wird aus ihr in dieser Wärme in die zweite Flasche übergetrieben. Ist diese Destillation geendigt, so nimmt man die erste Flasche weg, läßt die Blausäure mit dem salzsauren Kalk der zweiten Flasche einige Stunden lang in Berührung, und treibt dann die Blausäure mittelst wenig Wärme in die dritte Flasche über. Ist dieses geschehen, so ist die Rectification vollendet.

Die auf diese Art dargestellte Blausäure ist eine farbenlose und klare Flüssigkeit, wie Wasser. Ihr Geschmack ist anfangs frisch, wird aber bald

scharf und reizend. Auch wenn man sie mehrmals über Kreide rectificirt hat, röthet sie noch immer schwach das Lackmuspapier, dessen Blau aber wiedererscheint, wenn die Säure allmählig verfliegt. Bei  $7^{\circ}$  C. ( $5^{\circ},6$  R.) ist ihr specif. Gewicht 0,70583. Sie ist sehr flüchtig, denn sie kocht schon bei  $26^{\circ},5$  der Centesimal-Skale [unstreitig bei dem gewöhnlichen Luftdrucke]; bei  $10^{\circ}$  C. hält ihr Dampf einer Queckfilberssäule von 0,38 Meter (14 par. Zoll) das Gleichgewicht; und bei  $20^{\circ}$  C. Wärme verfünffacht sie das Volumen der Luft, oder der Gasarten, mit denen sie in Berührung gesetzt wird \*). Will man daher nicht sehr viel von ihr verlieren, so darf man sie nicht in der Luft aus einem Gefäß in ein anderes gießen, und dieses macht den Gebrauch des Apparats, den ich beschrieben habe, nothwendig. Man begreift auch hieraus, woher einige Chemiker zu der Behauptung gekommen sind, die Blausäure lasse sich in dem Zustande eines permanent elastischen Gas erhalten.

Blausäure, die man der Kälte einer Frostmischung aus 2 Theilen Eis und 1 Theil Salz aussetzt, kömmt jedesmal zum Gefrieren, und nimmt dabei oft eine regelmässige Gestalt an; ich habe einigemal Krykalle erhalten, welche denen

\*) Der reinste Schwefel-Aether hat nach Hrn. von Saussure bei  $16^{\circ}$  R. Wärme das specif. Gewicht 0,717, und dilatirt die Luft bei  $18^{\circ}$  R. um das 2,63fache ihres Volums. S. diese *Annal.* B. 29. S. 118 f. *Gilbert.*

des safrigen salpeterfauren Ammoniaks gleichen. Bei  $-15^{\circ}$  C. ( $-12^{\circ}$  R.) blieben sie fest, in höheren Temperaturen wurden sie wieder flüßig.

Auf der großen Flüchtigkeit dieser Säure und auf ihrer Eigenschaft, bei  $-15^{\circ}$  C. zu gefrieren, beruht eine sehr auffallende Erscheinung. Ein Tropfen Blausäure, der an dem Ende einer Glasröhre hängt, oder den man noch besser auf ein Stückchen Papier bringt, gefriert im Augenblicke. Dieses ist, so viel ich weiß, das einzige Beispiel seiner Art, daß eine Flüssigkeit vermöge der durch ihre eigne Verdunstung erregten Kälte gefriert; denn unter den übrigen sehr flüchtigen Flüssigkeiten gefriert keine in einer Temperatur, die der des Eispunkts so nahe ist.

Ich habe die chemischen Eigenschaften der so bereiteten Blausäure studirt, und werde die vornehmsten derselben in einer besondern Abhandlung bekannt machen.



II.

Dritte Fortsetzung des Versuchs,  
die bestimmten und einfachen Ver-  
hältnisse aufzufinden, nach welchen  
die Bestandtheile der unorganischen  
Natur mit einander verbunden sind,

von

JACOB BERZELIUS,

Prof. der Medic. u. Pharm. und Mitgl. der Königl. Akad.  
der Wiss. zu Stockholm.

*Die Gesetze der Verbindungen des Wassers, und der Bil-  
dung der basischen Salze und der Doppelsalze enthaltend;  
sammt den Resultaten der ganzen Untersuchung \*).*

Ich habe in meiner Abhandlung und in den beiden  
Fortsetzungen derselben die Meinung geäußert, das  
Wasser vertrete in den Säuren die Stelle der Basen  
und in den Basen die Stelle der Säuren; auch habe

\*) Ein zugleich mit der zweiten Fortsetzung von dem Herrn  
Verfasser mir zur Bekanntmachung anvertrauter, von ihm  
deutlich geschriebener Original-Aufsatz, der sich gleichfalls  
unmittelbar an die Erste Fortsetzung, *Annal. J. 1811. St. 6.*  
*od. N. F. B. 8. S. 161.*, anschließt, und durch das hohe In-  
teresse der darin verhandelten Materien vorzügliche Auf-  
merksamkeit zu verdienen scheint. Vergl. *Ann. N. F. B. 6.*  
*S. 176. und oben S. 175. Anm. G.*

ich als Vermuthung, zu der mich das von mir aufgefundenene Gesetz der Bildung der unorganischen Körper berechti- ge, den Satz aufgestellt, daß die Salze des *Kry stallwassers* stets so viel enthalten, daß der Sauerstoff desselben entweder ein *Multiplum* oder ein *Submultiplum*, nach einer ganzen Zahl, von dem in der Basis des Salzes enthaltenen Sauerstoff ausmache \*). Ich will mich bemühen, durch die in dieser Abhandlung zu beschreibenden Versuche über diese Materie ein helleres Licht zu verbreiten. Die ausnehmende Schwierigkeit, völlig genau zu beobachten, und die Unmöglichkeit, meine Ideen über die Zusammensetzung des Wasserstoffs schon jetzt entscheidend zu prüfen, sollten mich vielleicht abgehalten haben, mehrere derselben mitzutheilen; zu strenge Forderungen einer nicht zu erreichenden

\*) *Annalen* a. a. O. S. 225. Anm. Davy's Versuche hatten mir gedient, darzuthun (*Annal.* B. 37. S. 459.), daß die gasförmige Salzsäure eine solche Menge Wasser enthält, daß der Sauerstoff desselben genau hinreicht, die Menge Metall zu oxydiren, welche erforderlich ist, um mit der wasserfreien Salzsäure ein neutrales Salz hervorzubringen; das nämliche hat Hr. Gay-Lussac in seiner vor- trefflichen Abhandlung über die Verbindungen der Gasarten unter einander (*Annal.* B. 36. S. 16. f.) von dem Sauerstoff- gehalt der Basen in Neutralsalzen bewiesen. Ein anderer Versuch hatte mich belehrt, daß die Schwefelsäure durch Kochen nur so lange stärker concentrirt werden kann, bis das rückständige Wasser nur noch ein Drittel so viel Sauerstoff als die Schwefelsäure enthält, das heißt, bis die Menge des Sauerstoffs im Wasser derjenigen gleich ist, welchen eine zur Sättigung der nämlichen Menge Schwefelsäure erforderliche Menge einer Basis enthält. Die Zusammen- set-

Vollkommenheit haben uns indess schon um manche nützliche Arbeit gebracht, welche von mehreren gepflegt, der Wissenschaft von Gewinn gewesen seyn würde.

Ehe ich die Erzählung dieser Versuche anfangе, will ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken über einige Gegenstände, die mit ihnen in naher Beziehung stehen. Und zwar zuerst etwas über die *Unmöglichkeit, einige Säuren für sich darzustellen*.

Durch die trefflichen Versuche der HH. Gay-Lussac und Thenard wissen wir, daß sich die Salzsäure von den Körpern, mit denen sie verbunden ist, nicht trennen läßt, so oft es an Wasser fehlt, womit sie sich im Entstehungs-Augenblick verbinden kann. Die Folgerungen sind bekannt, welche der berühmte Davy hieraus gezogen hat \*).

zung des Wassers hatte ich bei diesen Berechnungen so angenommen, wie sie mir diejenige von meinen (*Ann. B. 37. S. 461.*) mitgetheilten Analysen gegeben hatte, welche mit der von Biot und Arago gemachten Wägung der Gasarten übereinstimmte, nämlich in 100 Gewichtstheilen zu 11½ Th. Wasserstoff und 88½ Th. Sauerstoff. Herr Gay-Lussac nimmt sie in seiner erwähnten Abhandlung (*a. a. O. S. 86.*) an zu 13½ Th. Wasserstoff und 86½ Th. Sauerstoff, ohne doch ein anderes Gewicht der beiden Gasarten, als das von Biot und Arago gefundene, anzugeben. Man lese darüber das nach, was ich in der zweiten Fortsetzung meiner Abhandlung, oben S. 175. in einer Anmerkung gesagt habe. *Berzelius.*

\*) In seinen Abhandlungen über die Chlorine, welche der Leser im vorigen Bande dieser *Annalen* S. 1. f. gefunden hat. *Gilbert.*

Da an einer richtigen Ansicht dieser Sache sehr viel gelegen ist, so wollen wir uns ein wenig nach dem Verhalten anderer Säuren unter ähnlichen Umständen umsehn.

Der Schwefel besitzt, wie wir Veranlassung haben zu glauben \*), 4 Oxydations-Stufen. Den ersten und zweiten kennen wir nur in Verbindung mit Salzsäure; der dritte ist die schweflige Säure und der vierte die Schwefelsäure. Kein Chemiker hat jemals wasserfreie Schwefelsäure hervorgebracht, und wer sie zu erhalten versucht, wird immer schweflige Säure bekommen. Wenn man z. B. Schwefel in völlig trockenem Sauerstoffgas verbrennt, so wird nur eine sehr kleine Spur von Schwefelsäure gebildet, die allein durch Vermittelung des im Schwefel befindlichen Wasserstoffs entsteht, welcher Wasser erzeugt. Trocknet man schwefellaures Eisenoxyd oder Alaun mit hinlänglicher Sorgfalt, und versucht die Schwefelsäure aus ihnen durch Hitze auszutreiben, so erhält man Sauerstoffgas und schweflige Säure, ohne daß sich eine Spur von Schwefelsäure verdichtet; läßt man aber Wasserdämpfe über diese erhitzten Salze fortsteigen, so erhält man sogleich in der Vorlage condensirte Schwefelsäure. Es ist auf der andern Seite bekannt, daß, wenn man schwefelhaltige Salzsäure in Wasser wirft, schweflige Säure entbunden wird, und wiederher-

\*) Der Herr Verfasser hat dieses in der Zugabe zu seiner Abhandlung, in diesen *Annal.* N. F. B. 37. S. 468. wahrscheinlich zu machen gesucht.

gestellter Schwefel sich niederschlägt. Wir können also mit Sicherheit annehmen, daß von den vier nun bekannten Oxydations-Stufen des Schwefels nur eine einzige, die schweflige Säure, für sich darstellbar ist.

Auch die *Salpetersäure* läßt sich nicht ohne Wasser darstellen. Versucht man es, so wird man nichts als Sauerstoffgas und salpetrige Säure erhalten. Kommen aber diese Gasarten über Wasser mit einander in Berührung, so wird die aufgehobene Verwandtschaft zwischen der salpetrigen Säure und dem Sauerstoff wieder wirksam, und es entsteht eine Verbindung von Salpetersäure und Wasser. Die Salpetersäure besteht also nicht für sich, sondern es ist dazu die Gegenwart eines zweiten oxydirten Körpers unentbehrlich. Wäre nun die Salpetersäure keiner niedrigeren, für sich darstellbaren Oxydations-Stufe fähig, und wäre die Verwandtschaft des Sauerstoffs zu ihrem Radicale sehr groß, so würde, wie man leicht einsehen, es ganz unmöglich seyn, diese Säure mit einer wasserfreien, wenn auch weit kräftigeren, Säure aus einer Verbindung durch Hitze auszutreiben; denn es würden sich in diesem Falle zwei große Verwandtschaften gegen die einzige der wasserfreien Säure entgegenstellen, nämlich die Verwandtschaft der Salpetersäure zur Basis der Verbindung und die Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Radical der Säure, welche beide aufgehoben werden müßten, wenn die Trennung vor sich gehn sollte. Nun ist

aber nicht selten die Verwandtschaft eines Radicals zum Sauerstoff eine unvergleichlich grössere Kraft, als die einer Säure zu einer Basis. Es ist also sehr natürlich, daß eine Säure, welche für sich nicht darstellbar ist, und deren Radical eine sehr große Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, nicht ohne Dazwischenkunft von Wasser, oder von irgend einem andern oxydirten Körper, (welcher die Stelle der Basis vertritt,) aus ihren Verbindungen getrennt werden kann.

Gerade dieses ist mit der *Salzsäure* der Fall, und sie hat daher die Eigenschaften, welche den scharfsinnigen Davy zu seinen gegen unsere jetzigen Begriffe streitenden Ideen von dieser Säure geführt haben, mit der Schwefelsäure, der Salpetersäure, und, wie wir unten sehen werden, noch mit mehreren andern Säuren gemein. Die Versuche, welche man zur Zerlegung der Salzsäure angestellt hat, beweisen, daß das Radical dieser Säure, wenn auch nicht unter allen bekannten Körpern die größte, doch auf jeden Fall eine vorzüglich große Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzt. Wenn wir aber geglühetes salzsaures Natron mit geschmolzener Boraxsäure in der Glühhitze zu zerlegen versuchen, so setzen wir die schwache Verwandtschaft zwischen der Boraxsäure und dem Alkali der weit stärkern Verwandtschaft der Salzsäure zum Alkali und zugleich der unendlich größern Verwandtschaft des Radicals der Säure zum Sauerstoff entgegen.

Dafs hier keine Trennung der Salzsäure von der Basis möglich ist, erhellet hieraus aufs deutlichste.

Wenn ferner der berühmte Davy, in seinen Versuchen über das *oxygenirt-salzsäure Gas*, dieses Gas durch Kohlen, die er eine Stunde lang darin glühend erhielt, zu zersetzen hoffte, so würde dieses voraussetzen, dafs die Kohle eine grössere Verwandtschaft zu dem Sauerstoff als das Radical der Salzsäure besitze. Denn läfst sich die Salzsäure für sich nicht darstellen, so hatte die Kohle in Davys Versuch nicht die kleine Portion Sauerstoff, welche die oxygenirte Salzsäure mehr als die gemeine Salzsäure enthält, von dem Radical zu trennen, sondern die ganze in der Verbindung befindliche Menge von Sauerstoff abzuscheiden. Nun hat aber die Kohle eine weit geringere Verwandtschaft zu dem Sauerstoff, als das Radical der Salzsäure; dieser Versuch kann also nicht als ein gültiger Beweis angesehen werden, dafs die oxygenirte Salzsäure keinen Sauerstoff enthalte. Ich hoffe, man wird die Richtigkeit des Angeführten deutlich einsehen.

Eine zweite vorläufige Bemerkung betrifft das *Krystallwasser der Salze*:

Wenn man einen Körper in fester Form, der Wasser in seiner Mischung enthält, untersucht, darf man nicht aus der Acht lassen, dafs er das Wasser auf zweierlei Weise in sich schliessen kann: entweder chemisch gebunden als einen integrirenden Bestandtheil, oder in den Zwischenräumen einer grö-

fern zusammenhängenden Masse nur mechanisch eingeschlossen. Das Innere der Salzkrystalle ist kein völliges Continuum, sondern von ganz kleinen, ungleich gestalteten Poren unterbrochen, in welchen der Krytall eine kleine Menge der Mutterlauge, aus der er angeschossen ist, einschließt. Dieses ist die Ursache, warum regelmäßige Salzkrystalle, ungeachtet sie ihre Entstehung einer Kraft verdanken, welche sie aus aller chemischen Verbindung mit den in der Auflösung noch rückständigen Körpern scheidet, doch immer eine kleine Menge von den fremden Stoffen der Mutterlauge enthalten, man mag die Oberfläche noch so wohl abwaschen. Der rohe Salpeter z. B., welcher aus der ersten Lauge anschießt, giebt braungelbe Krystalle. Der Salpeter ist aber weder mit dem farbigen Extractivstoff, noch mit dem salzsauren Alkali, welche man darin antrifft, chemisch verbunden. Durch ein Vergrößerungsglas sieht man deutlich, daß das weiße Salz eine gelbe Materie in seinen Poren einschließt; und das nämliche muß auch mit den nicht färbenden Unreinigkeiten der Fall seyn. Je unreiner die Mutterlauge ist, je mehr muß also der darin gebildete Anschuß mit fremden Körpern beladen seyn; und das Reinigen durch wiederholte KrySTALLISATION gründet sich darauf, daß das aufs neue anschießende Salz eine mit immer weniger fremden Stoffen beladene Mutterlauge mechanisch einschließt. Ein großer Krytall umschließt in seinen Poren verhältnismäßig mehr Mutterlauge, als ein kleiner, und



je kleiner der Kryftall ift, deſto freier ift er von Mutterlauge. In den Zuckerraffinerien z. B. ift der Syrup, welchen man, um weißen Huthzucker hervorzubringen, unter ſtetem Umrühren in ſehr kleinen Körnern kryſtalliſiren läßt, nicht ſelten mehr gefärbt, als der, von welchem der Zuckerkand unter langſamer Abdunſtung in groſſen gelben oder wohl gelbbraunen Kryſtallen anſchießt; wovon die Urſache aus dem, was hier ſagt worden, in die Augen fällt. Eben ſo hat man bei der Reinigung des Salpeters zu Feuerwerken ſchon lange die präcipitirte körnige Kryſtalliſation des Salpeters angewendet; auch wiſſen wir durch die Verſuche der HH. Thenard und Roard, daß Alaun auf die nämliche Weiſe leicht gereinigt werden kann.

Wenn man ein in ſehr kleinen Körnern angeſchoſſenes und gut getrocknetes Salz pulvert, ſo giebt es ſogleich ein ſtaubig trockenes Pulver. Wenn man dagegen das nämliche gut getrocknete, aber in größeren Kryſtallen geformte Salz zu pulvern anfängt, ſo erhält man ein feuchtes, etwas zuſammenhängendes Pulver, welches von der eingefchloſſenen Mutterlauge herrührt, die beim Oeffnen der kleinen Zwischenräume herausdringt und das Pulver anfeuchtet. Läſt man dieſes nun trocknen, ſo kann man es zu ſtaubigem Pulver reiben \*).

\*) Einige Salze beſitzen jedoch im Zuſtande der völligen Trockenheit die Eigenschaft, ein etwas zuſammenhängendes Pulver zu geben.

Das mechanisch eingeschlossene Wasser geht im Feuer gewöhnlich zugleich mit dem Krytallwasser weg; in denjenigen Salzen aber, welche kein Krytallwasser enthalten, und welche man, ohne sie vorher zu zerkleinern, einer höheren Temperatur aussetzt, verwandelt es sich plötzlich in Dampf, und zersprengt die Krytalle mit heftigem Krachen. Daher kommt das *Verknistern* einiger Salze. Das von einem Salze durch das Verknistern entfernte Wasser kann also nicht Krytallwasser seyn, weil es eine ungleiche Vertheilung des Wassers im Salze voraussetzt, welche der Idee von einer chemischen Verbindung gerade entgegen ist. Aus dieser Ursache sind auch die Angaben der Chemiker von der Menge sogenannten Krytallwassers in verknisternen Salzen immer so verschieden gewesen; je nachdem sie größere oder kleinere Krytalle zu ihren Versuchen nahmen, war des entweichenden mechanisch eingemengten Wassers mehr oder weniger.

Die verknisternen Salze enthalten *kein Krytallwasser*, obgleich das Verknistern einen Gehalt an Krytallwasser keinesweges ausschließt; denn man kann sich eine krytallisirte Verbindung vorstellen, deren Krytallwasser nur in einer sehr hohen Temperatur verjagt werden kann, und wo also das eingeschlossene Wasser weit eher ausgetrieben wird. So weit aber, als unsere jetzige Erfahrung reicht, kommen alle Verbindungen mit Wasser, welche das Wasser sehr stark zurückhalten, bei einer nicht sehr erhöhten Temperatur in Fluss, und

das mechanisch in den Krytallen eingeschlossene Wasser geht durchs Kochen fort.

Ich habe diese Bemerkungen vorausgeschickt, um zu zeigen, wie es nicht selten eine schwierige Sache ist, das Krytallwasser eines Salzes mit völliger Schärfe zu finden. Dieses wird aber mit der Zeit sehr leicht seyn. Denn wenn das Gesetz für den Gehalt der Salze an Krytallwasser einmal ausgemacht ist, so bedarf es dann nur annähernder Versuche, um unter mehreren Möglichkeiten das wahre Verhalten heraus zu finden. Ich glaube in meinen hier zu erzählenden Versuchen dieses Gesetz gefunden und durch hinlängliche Beispiele bewiesen zu haben. In den mehrsten Fällen habe ich zu diesen Versuchen die körnige Krytallisation gewählt, und wenn das Salz nicht allzu verwitternd war, habe ich es zu staubigem Pulver gerieben, in der trocknen Luft einige Stunden liegen lassen, und es dann in einem genau gewogenen Platintiegel erhitzt. Auch habe ich mehrere Krytallformen des nämlichen Salzes untersucht, dabei aber keinen Unterschied im Wassergehalt finden können.

Meine gegenwärtige Abhandlung zerfällt in die vier folgenden Abtheilungen: *Erstens* Gesetze für die Verbindungen des Wassers mit Säuren, mit Basen und mit Salzen; *Zweitens* Gesetze für die Bildung der basischen Salze; *Drittens* Gesetze für die Bildung der Doppelsalze; *Viertens* Allgemeine Uebersicht der Resultate meiner Versuche.

# I. Gesetze für die Verbindungen des Wassers.

## A. Verbindungen des Wassers mit Säuren.

### 1. Weinstensäure.

Zehn Gramme feingeriebene trockne Weinstensäure wurden in Wasser aufgelöst und mit einer Auflösung von essigsaurem Bleioxydul, so lange noch ein Niederschlag entstand, erhitzt. Die Mischung wurde zum Trocknen abgeraucht, wobei die freie Essigsäure größtentheils verdampfte. Die rückständige Masse mit Wasser aufgeweicht und auf dem Filtro gut ausgewaschen, gab 23,51 Gr. weinsteinlaures Bleioxydul.

Fünf Gramme weinsteinlaures Bleioxydul mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, gaben in drei verschiedenen Versuchen 4,2318, 4,229 und 4,228 Gr. schwefelsaures Bleioxydul. Das weinsteinlaure Bleioxydul muß also folgendermaßen zusammengesetzt seyn:

Weinstensäure	37,75	—	100,00
Bleioxydul	62,25	—	164,87
	100,00		264,87

Es enthalten diesem zu Folge 23,51 Gr. weinsteinlaures Bleioxydul 8,875 Gr. trockner Säure; in 100 Theilen krystallisirter Säure befinden sich 11,25 Th. Wasser, und 100 Theile wasserfreier Weinstensäure verbinden sich mit 12,7 Th. Wasser, worin sich 11,2 Th. Sauerstoff befinden. Das von 100 Th. dieser Säure gesättigte Bleioxydul enthält aber 11,788 Th. Sauerstoff; es ist also, der kleinen Differenz un-

geachtet, ziemlich klar, daß die krySTALLisirte Wein-  
steinläure eine Menge Wasser enthält, deren Sauer-  
stoff dem der Basis gleich ist, welche die nämliche  
Menge Weinsteinläure sättigt. Bei den Versuchen,  
welche ich angefangen habe, um die Gesetze der  
Bildung organischer Producte aufzufuchen, die ich  
künftig bekannt machen werde, habe ich in der  
*Weinsteinläure* nicht mehr als 56,384 Procent  
Sauerstoff (gegen 39,206 Th. Kohlenstoff und 4,41  
Th. Wasserstoff) gefunden \*), welches beinahe 5  
Mal so viel ist, als das 100 Th. Weinsteinläure sät-  
tigende Wasser enthält. Ich muß hier die Bemerkung  
wiederholen, daß vielleicht ein etwas zu gro-  
ßer Sauerstoffgehalt der Basen in meinen Bestim-  
mungen die Ursache ist, warum die mehresten Säuren  
diesen Sauerstoffgehalt etwas geringer bestim-  
men, als er nach Berechnung aus dem Sauerstoff-  
gehalte der sie sättigenden Basen seyn sollte. Ich  
habe aber diesen kleinen Fehler, so weit es mög-

R 2

\*) Um die Angabe von allen Berechnungsfehlern frei zu erhalten, bemerke ich, daß ich von 3 Grammen sehr streng getrocknetem weinsteinlauren Bleioxydul in zwei Versuchen, mit unbedeutender Verschiedenheit, 3,7555 Gr. kohlenlauren Kalk und 0,425 Gr. Wasser erhalten habe. Wenn nun die Zusammensetzungen des weinsteinlauren Bleioxyduls, des kohlenlauren Kalks und des Wassers richtig bestimmt sind, so muß das in der Rechnung Fehlende Sauerstoff seyn. Da aber alle diese Bestimmungen ein wenig fehlerhaft seyn können, auch abgesehen von den Beobachtungsfehlern, so kann auch der bestausgeführte Versuch ein bis auf 0,01 fehlerhaftes Resultat geben.

Berzelius.

lich gewesen ist, überall proportional zu machen gesucht, so daß die erste völlig richtige und gehörig bewährte Analyse einer Säure oder eines Oxydes alle diese Bestimmungen auf einmal berichtigen könne.

## 2. Citronensäure.

KrySTALLisirte Citronensäure wurde fein gepulvert und in der Sonne etliche Stunden getrocknet. Dann wurden

a) 5 Gramme davon in Wasser aufgelöst und mit 15 Gr. feingeriebenem, den Augenblick vorher geglühetem Bleioxydul gemischt, langsam bis zum Trocknen abgedampft, und das mit freiem Bleioxydul gemischte Bleisalz alsdann auf einer Sandkapelle in einer so strengen Hitze, als es nur ertragen konnte, bis daß es nicht mehr an Gewicht verlor, getrocknet. Die Mischung wog nun 18,95 Gr. Die Säure hatte also 21 Procent Wasser enthalten.

b) 10 Gr. von der nämlichen Citronensäure mit essigsaurem Bleioxydul, auf die nämliche Weise wie die Weinsteinensäure behandelt, gaben 23,756 Th. citronensaures Bleioxydul.

c) 5 Gr. der nämlichen Citronensäure in einer gelinden Hitze geschmolzen, so lange als sie in dieser Hitze etwas verloren, und bis die Masse wiederum fest wurde, hatten 0,354 Gr. oder 7,08 Procent an Gewicht eingebüßt.

d) 10 Gr. citronensaures Bleioxydul mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, gaben 9,056 Gr. schwefelsaures Bleioxydul, worin sich 6,666 Gr. Blei-

oxydul befinden. Dieses Salz enthält also ein Drittel seines Gewichts an Säure, und ist folgendermaßen zusammengesetzt:

Citronensäure	33,333	—	100
Bleioxydul	66,667	—	200
	100,000	—	300

Diesem nach sättigen 100 Theile Citronensäure eine Menge Basis, welche 14,3 Th. Sauerstoff enthält. Wenn wir den Versuch b) nach dieser Analyse berechnen, so finden wir wiederum, daß die Citronensäure 20,85 Procent Wasser enthalten hat. Nun aber hatte diese Säure bei einer zur Zersetzung noch nicht hinreichenden Temperatur 7,08 Procent Wasser verloren (c); dieses macht von dem ganzen Gehalt ungefähr ein Drittel aus. Die noch rückständigen 13,77 Th. Wasser waren an der Säure durch eine stärkere Verwandtschaft gebunden. Wenn nun aber 79,15 Th. trockner Citronensäure 13,77 Th. stärker gebundenes Wasser enthalten, so müssen 100 Th. wasserfreier Säure sich mit 17,14 Th. Wasser verbinden; diese enthalten aber 15 Th. Sauerstoff, oder etwas mehr als das Bleioxydul, welches 100 Th. trockner Säure sättigen. Diese kleine Verschiedenheit rührt daher, daß es unmöglich ist, mit Körpern, welche sich in einer etwas erhöhten Temperatur so leicht zersetzen, wie die Citronensäure, völlig genaue Resultate zu erhalten. Wir sehen also hieraus, daß die Citronensäure eine Menge KrySTALLWASSER enthält, welche man, ohne die Zusammensetzung der Säure zu verändern, entfernen kann,

und daß dieses Kry stallwasser die Hälfte von dem mit der Citronensäure inniger verbundenen Wasser ausmacht.

### 3. Sauerkleefäure.

Es ist eine allgemein bekannte Thatfache, daß die Sauerkleefäure in trockner Luft verwittert. Ich glaubte anfangs, sie werde dabei alles Wasser verlieren, und setzte daher verschiedene Portionen kry stallisirter Sauerkleefäure einer etwas über den Siedepunkt des Wassers erhöhten Temperatur aus. Sie verwandelten sich in eine zusammenhängende lockere Masse, verloren aber niemals vollkommen gleiches Gewicht. Doch variirten die Versuche nur zwischen 28 und 29 bis 29,3 Procent; im letzteren Fall sah man indeß deutlich, daß eine Sublimation der Sauerkleefäure angefangen hatte; denn die Oberfläche derselben war mit zarten kry stallinischen Nadeln bedeckt.

Ich mischte nun auf einem gewogenen Glas schälchen 4 Gramme gepulverte und in der Luft eine Stunde lang getrocknete Sauerkleefäure mit 20 Gr. fein geriebenem, den Augenblick zuvor ausgeglüheten Bleioxydul, übergoss die Mischung mit Wasser, und trocknete sie geschwind ein, wobei sie mehrere Male umgerührt wurde. Die Säure und das Bleioxydul hatten nun 1,68 Gr. an Gewicht verloren. Ich wiederholte diesen Versuch noch einmal, ganz mit dem nämlichen Erfolg. Es enthalten folglich 100 Th. Sauerkleefäure 42 Th. Wasser.



10 Gr. wohl getrocknetes sauerkleefsaures Bleioxydul wurde in einer offenen und genau gewogenen Glaschaale im Glühfeuer verbrannt. Die Schaale verlor hierdurch in verschiednen Versuchen 2,52 bis 2,53 Gr. Das rückständige Bleioxydul hatte eine glänzend gelbe Farbe. Das *sauerkleefsaure Bleioxydul* bestehet diemnach aus

Sauerkleefsäure	25,2	100,0
Bleioxydul	74,8	296,6
	100,0	396,6

Also sättigen 100 Th. Sauerkleefsäure eine Menge Basis, deren Sauerstoff 21,2 Th. beträgt. Nun haben wir gesehen, daß 100 Th. krySTALLisirte Sauerkleefsäure 42 Th. Wasser enthalten, von welchem sie 28 bis 29 Th. im Verwittern verlieren. Es sind aber 28 Th. genau  $\frac{2}{3}$  von 42 Theilen. Die verwittrte Sauerkleefsäure behält also 1 Th. Wasser auf je 2 Th. die sie verliert. Wenn wir dieses für 100 Th. wasserfreier Sauerkleefsäure berechnen, so vereinigen sich diese mit 72,414 Th. Wasser, und von diesen verlieren sie beim Verwittern 48,276 Th. Die noch rückständigen 24,138 Theile Wasser, welche nur durch andere, gegen sie stärker negativ-elektrische, Körper herausgetrieben werden können, enthalten 21,3 Th. Sauerstoff.

#### 4. Resultate.

Wir kennen also keine von den drei hier analysirten Pflanzen Säuren im reinen Zustande, und es läßt sich muthmaßen, daß sie, wie die vorhin erwähnten Mineralsäuren, *für sich nicht darstellbar sind.*

Wir sehen ferner, daß sowohl die Citronensäure als die Sauerkleesäure eine Portion Wasser enthalten, welche ausgetrieben werden kann, und sich ganz wie Kry stallwasser verhält, während die Säure mit einer andern Portion Wasser verbunden bleibt, die ganz die Rolle einer Basis spielt, und sich nur durch eine stärkere Basis von ihr trennen läßt. Wir können diese Verbindungen mit Wasser füglich als Salze ansehen, in welchen das Wasser die Basis ist, und sich ganz wie die schwächern Basen unter den Metall-Oxyden verhält, die sich sowohl mit Säuren als mit andern Basen verbinden können. Wenn wir das in der kry stallisirten Sauerkleesäure durch Verwitterung verflüchtigte Wasser für Kry stallwasser ansehen, so enthält dieses 2 Mal so viel Sauerstoff, wie der als Basis anzusehende Antheil des Wassers.

Daß diese Bestimmungen unrichtig seyn sollten, weil doch das sauerkleesaure Bleioxydul Wasser enthalten könnte, ist nicht wahr scheinlich; denn von 5 Gr. wohl getrocknetem sauerkleesaurem Bleioxydul, die ich auf eine schickliche Weise in verschlossenen Gefäßen verbrannte, habe ich in zwei Versuchen nur 0,077 bis 0,09 Gr. Wasser erhalten, zugleich mit einer Menge Kohlen säure, welche 3,708 Gr. kohlen sauren Kalk hervorbrachte. Wenn wir die Zusammen setzung der *Sauerkleesäure* nach der Analyse des sauerkleesauren Bleioxyduls, des kohlen sauren Kalks, der Kohlen säure und des Wassers berechnen, so muß diese Säure aus 34,9 Th. Kohlenstoff, beinahe 1 Th. Wasserstoff und 64,1 Th.

Sauerstoff zusammengesetzt seyn. Wir haben aber gesehen, daß 100 Th. Sauerkleefäure sich mit so viel Basis verbinden, als 21,2 Th. Sauerstoff enthalten, und es sind  $21,2 \times 3 = 63,6$ . Wir können also als ausgemacht annehmen, daß die Sauerkleefäure drei Mal so viel Sauerstoff als die Basis, von der sie gesättigt wird, enthalten muß. Endlich sahen wir, daß das in der krySTALLisirten Sauerkleefäure enthaltene Wasser genau so viel Sauerstoff als die Säure selbst in sich schließt \*).

\*) „Sie werden sich gewundert haben, (schreibt mir Herr Prof. Berzelius in einem seiner spätern Briefe,) daß diese meine Analysen der Sauerkleefäure und der *Weinstein Säure* so weit von den Resultaten abweichen, welche die HH. Gay-Lussac und Thenard aus ihren Versuchen [Annalen. B. 37. S. 414.] über die Zusammensetzung dieser Pflanzen-Säuren gezogen haben. Diese Abweichung hat aller Wahrscheinlichkeit nach ihren Grund darin, daß diese Chemiker Verbindungen jeder dieser Säuren untersucht haben, welche Wasser enthielten. Denn wenn Sie von dem in ihren *Recherches physico-chimiques* t. 2. p. 304. angegebenen Säuregehalt des weinsteinsäuren Kalks so viel Wasser abziehen, als doppelt so viel Sauerstoff enthält, als der an die Säure gebundene Kalk, so finden sie die Sättigungs-Capacität der rückständigen Säure so, wie sie nach meiner Analyse des weinsteinsäuren Bleies seyn soll. Das nämliche ist der Fall, wenn sie von den angegebenen Gewichten des citronensäuren und des sauerkleefäuren Kalkes so viel Wasser abziehen, als eine gleiche Menge Sauerstoff mit dem Kalk des Salzes enthält. Nach dieser Berichtigung stimmt die Analyse der Sauerkleefäure der französischen Chemiker mit der meinigen ziemlich überein. Unsere Analysen der Weinsäure bleiben aber doch immer noch bedeutend verschieden. Die Zeit wird lehren, auf wessen Seite der größte Fehler ist.“

Gilbert,

## B. Verbindungen des Wassers mit Basen.

### 1. Alkalien und alkal. Erden.

Dafs sich bei der Reduction der Alkalien zu Metallen durch weifsglühendes Eisen eine sehr grofse Menge Wasserstoffgas entbindet, hat mehrere Chemiker veranlafst, Wasser in den geglüheten fixen Alkalien zu suchen. Die Resultate ihrer Versuche sind aber ungleich ausgefallen, obgleich man deutlich siehet, dafs sie um den nämlichen Punkt schwanken.

Da es vielleicht nicht möglich ist, ein völlig reines, trocknes kautifches Alkali darzustellen, welches weder Kohlensäure, noch Erden, noch andere fremde Stoffe enthält, und also Versuche mit einem solchen Alkali kein recht genaues Resultat geben können, so wählte ich zu diesen Untersuchungen den Kalk und die *Magnesia*, überzeugt, dafs dasjenige, was für die eine von diesen Stärkern Basen als Regel geltend ist, auch für die anderen gelten müsse.

### Kalk.

Reiner gebrannter Kalk wurde mit Wasser gelöscht, getrocknet und noch einmal in einem Platintiegel streng geglühet, wobei sich alle in dem Kalk noch rückständige Kohlensäure mit den Wasserdämpfen entfernen liefs. — a) 10 Gramme von diesem kautifchen Kalke wurden mit Wasser gelöscht, so geschwind als möglich eingetrocknet, und zuletzt über eine Weingeistlampe sehr hoch über den Siedepunkt des Wassers erhitzt. Sie hatten 3,21 Gr. am

Gewichte zugenommen. — b) Dieser Versuch wurde mit 30 Gr. reinem Kalk wiederholt, und gab 39,75 Gramme wasserhaltenden Kalk.

In beiden Versuchen hatten also 100 Th. Kalk 32,1 bis 32,5 Th. Wasser in sich aufgenommen. Da im letzteren Versuch die grössere Masse eine später erfolgende Austrocknung voraussetzt, so sieht man leicht ein, wie das Resultat durch Aufnehmen von etwas Kohlensäure vergrößert werden mußte. Nun enthalten 100 Th. Kalk 23,16 Th. Sauerstoff, und 32,1 Th. Wasser enthalten 26,5 Th. Sauerstoff. Der kleine Ueberschuß rührt offenbar von aufgenommener Kohlensäure während des Eintrocknens her. Diese Versuche zeigen also, daß der Kalk eine Menge Wasser aufnimmt, deren Sauerstoff dem der Erde gleich kömmt.

#### *Magnesia.*

a) Um den Sauerstoffgehalt der Magnesia zu bestimmen, liefs ich reine schwefelsaure Magnesia in der Hitze ihr Kry stallwasser verlieren, löste das leicht ausgeglühete Salz in Wasser auf, und schlug die Schwefelsäure durch salzsauren Baryt nieder. 10 Gr. geglü hete schwefelsaure Magnesia gaben 19,43 Gr. geglü heten schwefelsauren Baryt, welchen 66,64 Theile Schwefelsäure entsprechen.

b) 5 Gramme kauftische Magnesia \*) in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst und in einem ge-

\*) Sie war aus kohlensaurer Magnesia bereitet worden, welche ich mit reinem kohlensaurem Kali aus einer Auflösung

wogenen Platinatiegel abgeraucht und geglühet, hinterließen 14,742 Gr. schwefelsaure Magnesia, welche beim Wiederauflösen eine Spur von Magnesia absetzte, und also in der zur Verjagung der überschüssigen Schwefelsäure angewandten Hitze ein wenig Säure eingehüfst hatte. Nach diesem Versuche enthält das trockne Salz 66,1 Th. Schwefelsäure.

Obgleich es wohl möglich seyn kann, daß dieser Versuch ein für sich richtigeres Resultat als der vorige gegeben hat, so werde ich mich jedoch hier jenes bedienen, weil alle der Berechnung zum Grunde liegenden Versuche den nämlichen proportionellen Fehler haben.

Die schwefelsaure Magnesia bestehet also aus

Schwefelsäure	66,64	100,00
Magnesia	33,36	50,06
	<hr/> 100,00	<hr/> 150,06

Es enthalten folglich 100 Th. Magnesia, nach dieser Berechnung, 39,872 Th. Sauerstoff. Nach dem Versuch b) enthalten sie nur 38,8 Th. Sauerstoff. Herr Hisinger fand durch Zersetzung von salzsaurer Magnesia vermittelt salpetersauren Silberoxyduls 38,3 Th. Sauerstoff in 100 Th. Magnesia.

Es hinterließen 10 Gr. kauftische Magnesia, welche mit Wasser übergossen und in einem Platinateigel eingetrocknet worden war, als sie über einer

von schwefelsaurer Magnesia kochend heiß niedergeschlagen hatte, mit Beobachtung der Vorlicht, daß nicht alle Magnesia niedergeschlagen wurde; eine Vorlicht, ohne, welche die niedergeschlagene Magnesia kohlensaures Kal enthält, welches das Wasser nicht auswachen kann, da denn das Resultat anders ausfällt.

*Berzelius.*

Weingeistlampe sehr hoch über den Siedepunkt des Wassers erhitzt wurden, in verschiedenen Versuchen 14,25, 14,35 und 14,4 Gramme Wasser-enthaltende Magnesia. Nun aber enthalten 4,4 Gr. Wasser 3,883 Gr. Sauerstoff; dieses entspricht also dem aus dem Versuch b) gezogenen Resultate sehr genau. Ich wage jedoch nicht, diesen Versuch für den richtigen zu erklären, weil in ihm vielleicht ein Theil der Magnesia am Boden des Tiegels, wo die Flamme ihn berührte, seines Wassers beraubt worden war. Denn wenn die dem Anfohne nach trockne Magnesia über die Lampe gesetzt wurde, verlor sie sehr geschwind eine beträchtliche Menge Wasser, bis daß ungefähr noch 14,6 Gr. übrig waren, und dann wurde eine halbe Stunde erfordert, um sie bis zu 14,4 Gr. oder darunter herabzubringen. Diese Versuche können also nicht völlig scharf seyn; man sieht aber aus ihnen sehr deutlich, daß die Magnesia, ganz wie der Kalk, sich mit einer Menge Wasser, deren Sauerstoff dem der Magnesia gleich ist, verbinden kann.

#### *Schlüsse.*

Ich halte diese beiden Beispiele für hinreichend, die Vermuthung zu begründen, daß das nämliche bei den feuerbeständigen Alkalien und bei den übrigen alkalischen Erden Statt finde. Wenn diese aber eine Menge Wasser binden, deren Sauerstoff dem des Alkali oder der Erde gleich ist, und wenn sie auch, wie bekannt ist, neue Portionen Wasser, die dem Kry stallwasser entsprechen, aufnehmen

können, so müssen sie das Wasser in zwei verschiedenen Zuständen enthalten, ganz so, wie wir das bei den im Vorhergehenden beschriebenen Säuren gesehen haben. Die eine Portion Wasser entspricht bei diesen stärkern Basen dem positiven Körper, oder der Säure, und läßt sich aus ihrer Verbindung mit den fixen Alkalien, dem Baryt und dem Strontion nicht durch das Glühen austreiben, sondern nur durch Hinzukommen eines andern entweder für sich, oder doch in Hinsicht der Temperatur positiveren Körpers.

Wenn wir die Versuche Berthollet's, Davy's und d'Arcet's über den Gehalt des geschmolzenen Kali an Wasser mit einander vergleichen, findet sich, daß sie um 16,15 Procent Wasser schwanken; und da dieses gerade die Menge Wasser ist, welche gleiche Theile Sauerstoff mit dem Kali enthält, so können sie als Beweise für die Idee, welche ich hier vorgetragen habe, angesehen werden. Aus den Versuchen des geschickten Chemikers Bucholz wissen wir, daß der krySTALLisirte Baryt die Hälfte seines Gewichts im Glühfeuer verliert; dabei bleibt er aber noch flüßig, und kann durch anhaltendes Glühen nicht mehr entwässert werden; und seitdem haben Bucholz und Gehlen gezeigt, daß dieser geschmolzene Baryt noch Wasser enthält. Nach der Analogie mit dem Kalk muß dieses 10,59 Theile auf 100 betragen. Wenn also 200 Th. krySTALLisirter Baryt ungefähr 100 Th. Wasser im Feuer verlieren, so beträgt hier das KrySTALLwasser entweder 9



oder 10 Mal so viel, als das in der Stelle einer Säure gebundene Wasser.

Die Eigenschaft der feuerfesten Alkalien und der alkalischen Erden, Wasser in einer sehr hohen Temperatur zurückzuhalten, kann uns Mittel an die Hand geben, zu einem für die gesammte Theorie der Chemie und Physik höchst wichtigen Gegenstand zu gelangen, zu einer Vergleichung der Stärke der chemischen Verwandtschaft mit der der gewöhnlichen mechanischen Kraft. Wir wissen nämlich, welche ungeheure Kraft erfordert wird, das Wasser bei steigenden Hitzegraden tropfbar-flüssig zu erhalten; kein eisernes Gefäß läßt sich vielleicht stark genug machen, um es in der Glüehitze tropfbar zurückzuhalten, indess dieses durch die Verwandtschaft der Alkalien und des Baryts zu dem Wasser geleistet wird. Wenn die Kraft, welche erfordert wird, das Wasser in der Glüehitze tropfbar-flüssig zu erhalten, in Quecksilberhöhen ausgedrückt wäre, so würden wir wenigstens einen sehr hohen Grad von Kraft in Zahlen bestimmt haben, welchen die Verwandtschaft dieser Körper zu dem Wasser noch übersteigt; auf ein ganz richtiges Resultat würde dieses aber nicht führen, da sowohl das Alkali als das Wasser in einer noch höheren Temperatur sich verflüchtigen. Kalk und Magnesia würden aber zu einer solchen Vergleichung völlig passen, und bei ihnen müßte es möglich seyn, die Quecksilberhöhe zu bestimmen, bei welcher das gasförmige Wasser sich in der Temperatur zu con-

denfiren anfängt, welche erfordert wird, um das Wasser aus diesen Erd-Hydraten zu verflüchtigen. Die gefundene Queckfilberhöhe würde dann die Kraft der gegenseitigen Verwandtschaft der alkalischen Erde und des Wassers in Zahlen ausdrücken, mit welchen jede beliebige mechanische Kraft verglichen werden könnte. Und da sich die chemischen Verwandtschaften unter einander vergleichen lassen, so würden wir auf diesem Wege vielleicht einmal dahin gelangen, eine jede chemische Verwandtschaft in Zahlen ausdrücken und mit dem allgemeinen Maßstabe aller mechanischen Kraft, der Schwere, vergleichen zu können.

Wir werden im Folgenden sehen, daß einige der schwächeren Basen, wenn sie Wasser aufnehmen, es mit einer so kleinen Kraft zurückhalten, daß diese von der Expansionskraft des Wassers, auch in niedrigeren Temperaturen, übertroffen werden kann. Einige derselben sind hierdurch gewissermaßen hygroskopische Substanzen, indem ihre größere oder geringere Annäherung zum *Maximum* von Wassergehalt, von der Trockenheit der Luft abhängt, und nur dann eintritt, wenn die Luft in ihrem *Maximum* von Feuchtigkeit ist, und also die Expansionskraft des Wassers bei dieser Temperatur null ist.

### 3. Thonerde.

Um den Sauerstoffgehalt der Thonerde bestimmen zu können, löste ich Thonerde, welche aus Alaun durch ätzendes Ammoniak gefällt war, in

Schwefelsäure auf, und als die Säure nichts mehr davon aufnehmen wollte, filtrirte ich die Auflösung, concentrirte sie durch Abrauchen, und schlug das neutrale Salz daraus durch Alkohol nieder. Der Niederschlag wurde mit Alkohol gut ausgewaschen, um die möglicher Weise noch gegenwärtige Schwefelsäure vollkommen zu entfernen. Das so bereitete Salz hatte ganz den Geschmack des Alauns, nur daß er weit stärker war. Um das Wasser zu verjagen, erhitzte ich dieses Salz in einem Platintiegel über einer Weingeistlampe, und wog den Tiegel von Zeit zu Zeit; als er nicht mehr an Gewicht abnahm, sah ich das Salz als wasserfrei an. Es schmolz in der Hitze, blähte sich auf, und verhielt sich ganz wie der Alaun; zuletzt mußte ich es in dem Tiegel zusammenpacken, damit die Hitze es gleichförmig zu durchdringen vermochte. Das wasserfreie Salz schien sich in Wasser nicht auflösen zu wollen, und verhielt sich in diesem Fall ganz wie das wasserfreie schwefelsaure Eisenoxydul, die wasserfreie schwefelsaure Magnesia, der gebrannte Alaun und andre mehr. Mit Hülfe der Wärme löste es sich aber nach und nach ohne Rückstand vollkommen auf.

Ich glühte nun 10 Gramme dieser wasserfreien schwefelsauren Thonerde in einem gewogenen Platintiegel so lange, als sie unter Ausstoßen von schwefliger Säure etwas am Gewicht verloren; sie hinterließen 2,9954 Gr. einer lockern, sehr weißen und leichten Thonerde. Dieses Salz (die wasser-

*freie schwefelsaure Thonerde*) muß also folgendermaßen zusammengesetzt seyn :

Schwefelsäure	70,066	—	100,000
Thonerde	29,934	—	42,722
	100,000		142,722

Wenn nun 42,722 Th. Thonerde 19,96 Th. Sauerstoff enthalten, so müssen 100 Th. Thonerde 46,726 Th. Sauerstoff in sich schliessen.

Um das *Hydrat der Thonerde* zu bereiten, versuchte ich zuerst aus Alaun durch überschüssig zugesetztes Ammoniak die Erde abzuscheiden. Dieses wollte aber nicht gelingen; denn als ich die so erhaltene Thonerde brannte, gab sie immer erst Wasser und dann schweflige Säure und Sauerstoffgas. Die Thonerde giebt also mit der Schwefelsäure ein *unauf lösliches basisches Salz*, welches das Ammoniak nur unvollkommen zerlegt.

Ich nahm daher die von der Schwefelsäure durch Verglühen befreiete Thonerde, löste sie durch langes Digeriren in Salpetersäure auf, und schlug die Auflösung durch überschüssig hinzugesetztes ätzendes Ammoniak nieder. Die gallertartige Erde wurde auf einem Filtrum gut ausgewaschen und in der Sonne langsam getrocknet. Die trockne Erde, zu staubigem Pulver gerieben, wurde nochmals mit Wasser digerirt, um alles anhängende salpetersaure Ammoniak zu entfernen, darauf wiederum getrocknet, und dann in einer kleinen gläsernen Retorte geglühet. Es wurde anfangs reines Wasser entbunden, dann folgten aber salpetrigsaure

Dämpfe in Menge, welche erst in der Weißglühhitze sich völlig austreiben ließen. Die Salpetersäure besitzt also die nämliche Eigenschaft wie die Schwefelsäure, mit der Thonerde ein basisches Salz zu geben, welches vom Ammoniak nicht vollkommen zerlegt wird. Die *basische salpetersaure Thonerde* hat viele Aehnlichkeit mit der gelatinirenden Kieseelerde, oder mit einem steifen Stärkeabfud, und wird leicht erhalten, wenn man die ungebrannte Thonerde mit ein wenig Salpetersäure zusammenreibt; das Gemisch stellt nach wenigen Augenblicken eine aufgeschwollene Stärke-artige Masse dar.

Nun löste ich die Thonerde in *Salzsäure* auf, schlug sie mit vielem überschüssig zugesetztem Ammoniak nieder, und digerirte den Niederschlag 6 Stunden lang mit der stark alkalischen Flüssigkeit. Die aus dem Filtro genommene und gut gewaschene Erde wurde in der Sonne getrocknet, fein gepulvert und noch einen Tag der Sonne ausgesetzt. In einer kleinen Retorte geglühet, gab diese Erde nichts als Wasser; ein kleiner Theil der Erde wurde aber mit dem Wasser mechanisch in die Höhe gerissen, und sammelte sich in der Vorlage wie ein feiner Staub an. Der Verlust wurde dadurch um eine Kleinigkeit vermehrt.

Die *wasserhaltige Thonerde* hinterließ 64,932 Procent Erde, welche, in Salpetersäure aufgelöst, keine Schwefelsäure mit Barytsatz zu erkennen gab.

Es waren also 100 Theile wasserfreier Thonerde mit 54 Th. Wasser vereinigt gewesen. So viel Wasser enthält 47,65 Th. Sauerstoff; die Thonerde enthält dagegen, wie wir gesehen haben, nur 46,726 Th. Sauerstoff. Ich kann weder behaupten, daß die Bestimmung des Wassergehalts, noch daß die des Sauerstoffs in der Thonerde hinreichend scharf sey; beide sind es aber in so weit, daß sie uns hinlänglich zeigen, daß auch die Thonerde, ganz wie die vorigen Salzbasen, eine Menge Wasser bindet, deren Sauerstoff dem der Erde gleich ist.

Die geglühte Thonerde zieht aus der Luft sehr geschwind Feuchtigkeit an, hält aber dieses Wasser mit einer sehr schwachen Kraft, und ihr Wassergehalt ist Variationen nach dem Hygrometerstande der Luft unterworfen. Die Sonnenwärme ist hinreichend, die größte Menge dieses Wassers zu entfernen, und wenn man die Thonerde auf einer Sandkapelle erhitzt, entweicht das eingelogene Wasser gänzlich, indess das Wasser im Thonerde-Hydrate des Glühfeuers bedarf, um gänzlich entfernt zu werden \*). In welchem Zustande wird aber das Wasser von der gebrannten Thonerde gebunden? Offenbar nicht in dem nämlichen wie im Hydrate.

\*) Es hatten 100 Th. gebrannte Thonerde nach einigen Tagen, bei 100° Hygrometerstand, 34,5 Th. Wasser in sich gelogen. Von diesem Wasser verlor sie bei 7° Hygrometerstand und + 22 bis + 25° Thermometerstand in einigen Tagen 18,5 Theile, und das so lange, als diese Witterung dauerte.

## 3. Kiefelerde.

Die Kiefelerde, welche aus dem *Liquor sili-*  
*cum* mit Säuren ausgeschieden wird, enthält nach  
dem Austrocknen, wie bekannt, viel Wasser. Ich  
fand das Verhalten derselben ganz gleich, ich mochte  
geradezu gefällt, oder erst durchs Gelatiniren ab-  
geschiedene Kiefelerde bei diesen Untersuchungen  
anwenden.

In dem nämlichen Theeschälchen wurden auf  
einer Sandkapelle drei Portionen Kiefelerde ge-  
trocknet, die ich in drei verschiedenen analytischen  
Operationen gewonnen hatte. Als ich sie nach die-  
ser Erhitzung von einigen Stunden glühete, litten  
sie alle noch einen Verlust an Wasser, welcher zwi-  
schen 11,2 und 11,3 Procent variierte.

Die Versuche mit der geglüheten Thonerde  
und andere mit dem Zinnoxyde, welche ich weiter  
unten anführen werde, bestimmten mich, diese Ver-  
suche einige Zeit nachher zu wiederholen. Ich fand  
nämlich, daß das Zinnoxyd, in verschiedenen Tem-  
peraturen getrocknet, ungleiche Wassermengen zu-  
rückhielt. Ich wog daher eine Portion in der Luft  
getrocknete Kiefelerde und trocknete sie auf der  
Sandkapelle, wobei sie 26,8 Procent an Gewicht  
verlor. Auf der Wage gelassen, gewann sie nach  
und nach an Gewicht. Ich trocknete sie dann wie-  
derum sehr stark und glühete sie, wobei ihr Ge-  
wicht um 14,2 Procent abnahm. Die Kiefelerde  
bildete kleine halbdurchsichtige Körner, welche  
durch das Glühen nichts von ihrer Durchsichtigkeit

und ihrem äußern Ansehen verloren. Es scheint also, als wäre das von der Kiefelerde zurückgehaltene Wasser ganz im nämlichen Zustande darin befindlich, wie das, welches die gegläthete Thonerde aus der Luft einsaugt.

Ich hatte lange die Hoffnung gehegt, aus dem Wassergehalt der trocknen Kiefelerde den Sauerstoffgehalt derselben berechnen zu können, und die Uebereinstimmung der drei ersten Versuche unter einander ließ mich vermuthen, daß die Kiefelerde vielleicht 4 Mal so viel Sauerstoff, als das damit verbundene Wasser enthalte, da dann ihr Sauerstoffgehalt 45 Procent betragen würde. Diese Hoffnung habe ich aber nun aufgegeben. Vielleicht wird es einmal möglich, die Zusammensetzung der Kiefelerde mit mehr Sicherheit aus ihren Verbindungen mit der Flußsäure oder mit den Alkalien und den Erden zu berechnen.

#### 4. *Eisenoxyd.*

Es ist in Schweden bereits seit einiger Zeit durch die Versuche des Herrn Liedbeck \*) bekannt, daß die gelben oder bräunlichen sogenannten Rasenerze das Eisenoxyd im Zustande eines Hydrats enthalten. Mein Freund, Herr General-Inspector Hausmann in Cassel, schrieb mir vor einigen Monaten, er habe die nämliche Bemerkung gemacht, wobei er im Eisen-Hydrate 19 bis 21 Pro-

\*) *Sammlingar i Bergsvetenskapen af E. T. Svedenstjerna och G. J. Liedbeck. 9. H. 1809.* B.



sent Wasser gefunden habe; und er nimmt die erste Zahl als die richtigere an \*). Das Wasser würde dann eine Menge Sauerstoff enthalten, welche zwei Drittel von dem des Eisenoxyds betrüge, oder der Sauerstoff, welcher das Eisen zu Oxydul gemacht hat, und der Sauerstoff des Wassers, würden in gleicher Menge vorhanden seyn. Obgleich dieses mit den vorher angeführten Gesetzen nicht übereinstimmt, so sieht man doch leicht, von welchen lehrreichen Folgen die letztere Ansicht werden könnte, und ich wurde dadurch veranlaßt, die Prüfung des Eisenoxyd-Hydrats den bereits angeführten Untersuchungen hinzuzufügen.

Hr. Liedbeck hatte in den von ihm untersuchten Rasenerzen 20,8, 21,1 bis 25 Procent flüchtige Theile gefunden, wovon Wasser ungefähr 20 Theile ausmachte. Zugleich mit dem Eisenoxyd fand er mechanische Einmengungen von Sand, Thon, Kieſelerde u. ſ. w., welche, wenn sie vom Eisenoxyd weggenommen wurden, 60 bis 62 Th. reines Oxyd hinterließen; und diese enthalten gleiche Theile Sauerstoff mit dem damit verbundenen Wasser.

\*) Hr. Hausmann, der seitdem seiner Liebe zu den Wissenschaften das Opfer gebracht hat, seine angesehene und einträgliche Stelle mit der Professur der Technologie und Bergwerkswissenschaften in Göttingen zu vertauschen, hat seine Untersuchungen über das Eisenoxyd-Hydrat in diesen *Annalen* B. 38. S. 1. f. dem Publikum vorgelegt; ihnen habe ich die des Herrn D'Aubuisson und anderer beigefügt. Mehreres von den Liedbeck'schen Untersuchungen führt Hr. Prof. Hausmann an *das.* S. 66 f. G.

Ich untersuchte nun etliche ausländische Raserze, und fand darin 14,4, 15,1, 11,6 etc. Procent Wasser, je nachdem das Erz in der Sonne oder auf einer erhitzten Kapelle getrocknet wurde. Diese Erze wurden im ungeglühten Zustande nicht vom Magnet angezogen; nach dem Glühen aber wurden sie mehr oder weniger magnetisch, welches zeigt, daß sie ein wenig brennbare Materie enthielten, die den Glühungsverlust vermehren mußte. Wurde das geglühte Eisenoxyd in Salzsäure aufgelöst, so hinterließ es ein wenig aufgequollene halbgelatinirende Kiesel-erde, welche also mit dem Oxyde in chemischer Verbindung gewesen zu seyn schien. Die fremden Beimischungen machten es übrigens ganz unmöglich, die Zusammensetzung dieser dreifachen Verbindung von Wasser, Kiesel-erde und Eisenoxyd mit einer solchen Schärfe zu bestimmen, daß das Resultat zur Grundlage für eine Berechnung auch nur einigermaßen hätte gebraucht werden können.

Ich untersuchte nun die gelbe Masse, welche sich auf verwitternden Kiesen bildet, und die ich oft frei von Schwefelsäure gefunden habe. Die eines Kiesel-erses verlor im Glühen 17,5, und die eines andern nur 12 Procent. Beide enthielten Kiesel-erde, und die erste fand ich nachher auch etwas kupferhaltig.

Ich bereitete nun Eisen-Hydrate, indem ich schwefelsaures, salpetersaures und salzsaures Eisenoxyd mit ätzendem Ammoniak fällte. Alle diese

Eisenaufösungen gaben aber eine Mischung von Hydrat und basischem Salze, aus welcher die Hitze zuerst Wasser und dann die Säure heraustrrieb. Das geglühte Eisen-Hydrat hatte in diesen Versuchen zwischen 27 und 18,5 Procent verloren.

Ich digerirte nun den aus salpeterlaurem Eisen-oxyd gewonnenen Niederschlag mit einem großen Uebermaass ätzendem Ammoniak. Das ausgewaschene und in der Sonne getrocknete Hydrat verlor nun 22,15 Procent; das, was überging, war aber nicht reines Wasser, sondern eine sehr starke ammoniakalische Flüssigkeit. Ich hatte also noch kein reines Hydrat zu untersuchen gehabt.

Vor drittehalb Jahren, als ich das Silicum-haltige Eisen untersuchte, hatte ich etwa 20 Gramme von diesem Eisen, mit Wasser übergossen, zum freiwilligen Oxydiren hingestellt. Die Masse ballete sich aber nach und nach zusammen, und war selbst nach Verlauf dieser Zeit im Innern nicht oxydirt. Da ich sie also zur Analyse der Kiesel-erde, wozu sie eigentlich bestimmt war, nicht mehr gebrauchen konnte, sammelte ich eine Menge darin gebildeten gelben Ocker auf und trocknete ihn: zufälliger Weise wurde dieser aber mit andern auszutrocknenden Stoffen auf die Sandkapelle gebracht, wo er aller Wahrscheinlichkeit nach einen Theil seines chemisch gebundenen Wassers verlor; denn die Eisen-Hydrate vertragen keine strenge Hitze, ohne eine dunklere Farbe anzunehmen und einen Theil ihres Wassers einzubüßen. Im Glühen verlor er 10 Procent an

Gewicht. Das rückständige rothe Oxyd hinterließ Kiefelerde zu 8,2 Procent. Ich arbeitete also wiederum mit der dreifachen Verbindung von Kiefelerde, Eisenoxyd und Wasser. Die Menge, welche ich zu diesem Versuch anzuwenden hatte, war zu klein, und bereits im ersten Versuche verbraucht, so daß ich dieses Eisenpräparat nicht genauer untersuchen konnte; offenbar aber war es eine durch Kunst hervorgebrachte, dem oben erwähnten ausländischen Rasenerz ähnliche Verbindung. Man wird unstreitig diese in den Rasenerzen vorkommenden dreifachen Verbindungen von Kiefelerde, Eisenoxyd und Wasser bald genauer untersuchen; um zu einer sichern Kenntniß von denselben zu gelangen, dürfte es indess vielleicht nöthig seyn, sie durch freiwillige Oxydation des Silicium-haltigen Eisens, auf die oben angeführte Art, hervorzubringen; denn das Rasenerz ist mit Staub und mit fremden eingemengten Erden in verschiedenen, sich nimmer gleichbleibenden Verhältnissen gemischt, und kann also wohl niemals ganz sichere Resultate geben.

Aus dem Angeführten erhellet ferner, daß es schwer ist, ein ganz reines Eisen-Hydrat zu erhalten, da sich das Eisenoxyd sowohl mit den Säuren als mit dem Ammoniak im Augenblicke des Niederschlagens verbindet, je nachdem das letzte in größerem oder geringerem Ueberschuß gegenwärtig ist. Ich ließ daher Eisenspäne sich in reinem Wasser oxygeniren, wechselte das Wasser täglich, und sammelte das gebildete Eisen-Hydrat. Nach ei-

nigen Wochen hatte ich davon so viel beisammen, daß es zu einem kleinen Versuch hinreichte. Ich trocknete es in der Sonne mehrere Tage, und glühte es dann in einem gewogenen Platintiegel. Es hinterließ 85,2 Procent rothes Oxyd, welches dem Magnete hie und da etwas folgsam war; ein Umstand, den ich der im Eisen befindlichen Kohle, welche sich mit dem Hydrat gemischt hatte, zuschreibe. Diese Menge von Eisenoxyd enthält 26,12 und das damit verbundene Wasser 13 Theile Sauerstoff. In diesem Versuch hatte das Eisenoxyd also *doppelt* so viel Sauerstoff als das Wasser enthalten.

Um indess diese Proportion nicht auf diesen einzigen Versuch zu stützen, nahm ich ein weniger kohlenhaltiges Eisen, wozu ich Claviersaiten No. 10 wählte, ließ diese sich in reinem Wasser oxygeniren, mit einer Platinscheibe in Berührung, um die Oydation zu beschleunigen, und wechselte das Wasser täglich. Nach einigen Wochen hatte ich wiederum so viel davon erhalten, daß ich es untersuchen konnte. Das in der Sonne mehrere Tage getrocknete Hydrat hatte eine sehr helle pomeranzgelbe Farbe, und hinterließ nach dem Glühen ein schönes rothes, dem Magnete nicht im mindesten folgsames Oxyd, welches 85,5 Procent betrug. In diesem Versuch hatte also das Eisen-Hydrat 14,5 Procent Wasser enthalten; der vorhergehende Versuch wird also durch ihn bestätigt, und wir sehen, daß das Eisen-Hydrat, welches sich

auf dem Eisen im Wasser bildet, eine Menge Wasser enthält, deren Sauerstoff die  *Hälfte*  so viel beträgt, als der des damit verbundenen Eisenoxyds. Es ist aber, sowohl aus den von mir angeführten Versuchen des Hrn. Liedbeck, als aus andern nachher anzuführenden, wahrscheinlich, daß das Eisenoxyd, wenn es  *mit andern Körpern in Verbindung*  getreten ist, eine Menge Wasser, deren Sauerstoff dem des Oxyds  *gleich*  kommt, aufnehmen kann.

#### 5. Zinnoxid.

Zehn Gramme reine Zinnfolie wurden in einem gewogenen gläsernen Kolben durch reine Salpetersäure oxydirt, die Flüssigkeit wurde verdunstet, und das Oxyd im Kolben geglühet. Das so erhaltene Zinnoxid hatte eine leichte strohgelbe Farbe und wog 12,72 Gr. In einem andern Versuch erhielt ich nur 12,71 Gr. Nach dem erstern bestehet das  *Zinnoxid*  aus

Zinn	79,16	—	100,0
Sauerstoff	21,84	—	27,2
	100,00	—	127,2

Es ist eine bekannte Thatfache, daß das Zinnoxid, welches man durch Salpetersäure bereitet hat, das Lackmuspapier röthet, welches aber das geglühete Oxyd nicht thut. Ich glaubte anfangs, dieses möchte von Salpetersäure herrühren, die dem Oxyde anhängt; als aber das Wasser, womit das Oxyd gewaschen wurde, das Lackmuspapier nicht mehr röthete, besaß das Oxyd diese Eigenschaft noch immer. Es verlor sie erst, als ich es mit ein

wenig Ammoniak übergoss, das Oxyd gab aber nun im Glühen ein sehr stark Ammoniak-haltiges Wasser. Das Zinnoxid scheint also auf die Benennung einer *Säure* gleiches Recht zu haben, als die Wolframsäure und die Columbläure (richtiger das Tantaloxyd).

Ich liess das gut ausgewaschene, aber nicht mit Ammoniak behandelte Zinnoxid auf der Sandkapelle trocknen. Es verlor im Glühen 6,6 Procent. Nach einigen Stunden, als die Kapelle beträchtlich abgekühlt war, wiederholte ich den Versuch mit einem Theil des nämlichen Oxyds, welches auf der Kapelle geblieben war; es verlor nun 9,66 Procent. Als es sich noch länger auf der immer mehr abgekühlten Kapelle befunden hatte, verlor es im Glühen 10,8 Procent, und am folgenden Morgen, als alles seit mehreren Stunden völlig erkaltet war, verlor das Oxyd im Glühen 12,5 Procent \*). Es ist hier keine Bestimmung zu hoffen; denn welche Temperatur und welchen Hygrometerstand soll man als den richtigeren annehmen? Und obgleich das den Säuren in seiner Natur nahe kommende Zinnoxid, wenn es am meisten Wasser aufgenommen hatte, nahe doppelt so viel Sauerstoff als dieses Wasser enthielt, so ist doch hierauf nichts Zuverlässiges zu bauen.

\*) Es darf nicht unbemerkt bleiben, dass die Witterung während dieser Versuche immer regnig und auf dem Maximum von Feuchtigkeit war.

*Berzelius.*

Aehnliche Untersuchungen über den Wassergehalt des Titanoxyds, des Tantaloxys, der Wolframsäure, und anderer, werden uns hoffentlich zu allgemeineren und bestimmteren Kenntnissen über das Verhalten des Wassers zu diesen, zwischen Basen und Säuren in der Mitte stehenden Körpern führen.

Was sollen wir aber von der Verwandtschaft eines Körpers zum Wasser denken, welcher dieses nur so schwach bindet, daß die Expansionskraft des Wassers schon bei nicht sehr erhöhten Temperaturen überwiegend wird? Offenbar muß sie die nämliche Kraft seyn, welche macht, daß das getrocknete Filtrirpapier durch Anziehn von Feuchtigkeit aus der Luft bisweilen noch während der Wägung schwerer wird, und welche in den sogenannten hygroskopischen Substanzen wirksam ist. Ob nun diese Kraft von derjenigen, welche sich durch bestimmte Principmäßige Verhältnisse zwischen den sich vereinigenden Körpern charakterisirt, nur dem Grade nach verschieden ist, oder ob sie in einer bloßen Modification der Flächenanziehung besteht, wage ich nicht zu entscheiden. Was die Modificationen der Verwandtschaften betrifft, so ist uns darüber noch viel zu untersuchen übrig; z. B. worin die Kraft, welche ein Salz in Wasser, für jede Temperatur in einer andern Menge, auflöst, von der Kraft verschieden sey, durch welche das nämliche Salz eine größere oder geringere Menge Wasser, in fester Gestalt, als Krytallwasser verdichtet?



Zwischen beiden Mengen findet kein bestimmtes und unveränderliches Verhältniß Statt; denn es können Salze, welche gar kein KrySTALLwasser enthalten, im Wasser sehr auflöslich seyn, z. B. Salpeter, salzsaures Kali u. a., indess andere, die eine große Menge KrySTALLwasser haben, im Wasser völlig unauflöslich sind, wie z. B. basische Eisen- und Kupfer-Salze, kohlensaure Magnesia u. a.

*C. Verbindungen des Wassers mit Salzen.*

*KrySTALLwasser.*

*Kali-Salze.* In keinem der Kalisalze, welche ich untersucht habe, dem schwefelsauren, salpetersauren, salzsauren und weinsteinfauren Kali, habe ich eine Spur von KrySTALLwasser gefunden. Wenn man sie fein gepulvert in der Sonne oder sonst in einer temperirten Wärme getrocknet hat, so verlieren sie im Glühen weiter kein Wasser. Das salpetersaure Kali giebt hierbei Sauerstoffgas, salpetrige Säure und zuletzt Salpetergas, dabei setzt sich aber nicht ein Tropfen flüssiger Säure ab. Das weinsteinfaure Kali, welches ich mit salpetersaurem Bleioxydul niedergeschlagen hatte, gab auf 100 Th. wohl getrocknetes Salz 155,7 Theile weinsteinfaures Bleioxydul. Der S. 246 mitgetheilten Analyse dieses letztern Salzes zu Folge bestehet also das *weinsteinfaure Kali* aus

Weinstein Säure	58,69	100,0
Kali	41,31	70,4
	<hr/> 100,00	<hr/> 170,4

Nun enthalten 70,4 Th. Kali 11,93 Th. Sauerstoff, also, mit einer äußerst kleinen Abweichung, die nämliche Menge, als das Bleioxydul, welches 100 Theile der Säure sättigt. Die kleine Abweichung kann ihren Grund darin haben, daß ein geringer Verlust an weinsteinfaurem Bleioxydul bei diesem Versuche nicht leicht zu vermeiden ist. Man sieht also leicht ein, daß das weinsteinfaure Kali in der That kein Kry stallwasser enthalten kann.

Das säuerliche weinsteinfaure Kali (*cristalli tartari*) enthält dagegen Kry stallwasser, doch läßt dieses sich nicht durch Hitze austreiben. Das zum vorhergehenden Versuch benutzte Salz war aus reiner Weinstein säure mit reinem kohlen saurem Kali bereitet worden, war also ganz frei von Kalkerde. Ich schlug die noch übrige Portion davon mit Weinstein säure nieder, trocknete den gepulverten Niederschlag sehr streng, und brannte davon 10 Gramme in einem Platintiegel. Die kohlige alkalische Masse wurde mit Salz säure behut sam ausge laugt, die salzsaure Auflösung eingetrocknet, und das Salz geglühet. Ich erhielt in einem Versuch 3,91 und in einem andern 3,915 Gr. salzsaures Kali. Durch einen andern Versuch fand ich, was Wollaston mit dem Sauerkleefalze bereits beobachtet hatte, daß die Asche von 10 Gr. säuerlich weinstein saurem Kali genau hinreichend war, 10 Gr. ungebranntes Salz zu sättigen. Es muß also das Kali im säuerlichen Salze mit doppelt so viel Säure als im neutralen verbunden seyn. Das erhaltene salzsaure

Kali entspricht aber genau 24,8 Procent reinem Kali; diese müssen also mit 70,45 Th. Weinsteinsäure das saure Salz darstellen, und die fehlenden 4,75 Th. müssen Wasser seyn. Das *säuerliche weinsteinsäure Kali* bestehet also aus

Weinsteinsäure 70,45

Kali 24,80

Wasser 4,75

---

100,00

Diese Menge Kali enthält 4,206 und das Wasser 4,192 Th. Sauerstoff; das KrySTALLwasser in diesem Salze enthält also genau eine *gleiche* Menge Sauerstoff mit der Basis. Da dieses Wasser aber nur durch Hinzukommen einer zweiten Basis verjagt werden kann, und genau so viel beträgt, als die überschüssige Säure in KrySTALLform für sich gebunden haben würde, so kann dieses Salz auch als ein Doppelsalz angesehen werden, dessen zweite Basis das Wasser ist.

*Natron-Salze.* Während nach den hier angeführten Versuchen den Kali-Salzen das KrySTALLwasser allgemein zu fehlen scheint, enthalten dagegen die Natron-Salze des KrySTALLwassers eine sehr große Menge, binden es aber nur mit einer sehr schwachen Verwandtschaft, so daß die meisten derselben in trockner Luft verwittern. Es ist daher sehr schwierig bei ihnen an genaue Resultate zu kommen, da es wohl geschehen kann, daß ein solches Salz, ehe es noch in der Mitte trocken ist, schon auf der Oberfläche zu verwittern anfängt.

*Schwefelsaures Natron*, in reinen Kry stallen, wurde mit Wasser übergossen, damit zu Pulver gerieben, auf Löschpapier des Wassers grösstentheils wieder beraubt, dann zwischen neuem, vielfach zusammengelegten Löschpapier in einer Presse 24 Stunden lang getrocknet, und endlich in einem gewogenen Platintiegel erst langsam verwittert und dann geglühet. Es verloren 30 Gramme hierbei 16,8 Gr. am Gewicht; dieses Salz enthält also 56 Procent Kry stallwasser, und das kry stallisirte Salz muß folgendermaßen zusammengesetzt seyn:

Schwefelsäure	24,76
Natron	19,24
Wasser	56,00
	<hr/> 100,00

Nun enthalten aber 19,24 Theile Natron 4,953 Th. Sauerstoff, und 56 Th. Wasser 49,42 Th. Sauerstoff; das Kry stallwasser enthält also in dielem Salze genau 10 Mal so viel Sauerstoff als die Basis.

*Essigsaures Natron*. Zehn Gramme gepulvertes und in der Luft getrocknetes essigsaures Natron in der Hitze einer Sandkapelle zum Verwittern gebracht, verloren 4,011 Gr. am Gewicht. — 5 Gr. zerfallenes essigsaures Natron mit Salzsäure übergossen, eingetrocknet und geglühet, gaben 3,584 Gr. salzsaures Natron. Das essigsaure Natron muß also folgendermaßen zusammengesetzt seyn:

trocknes		wasserhaltiges	
Essigsaure	61,689	100,0	Essigsaure 36,95
Natron	38,311	62,1	Natron 22,94
	<hr/> 100,000	<hr/> 162,1	Wasser 40,11
			<hr/> 100,00

Nun sind aber in 22,94 Theilen Natron 5,897, und in 40,11 Theilen Wasser 35,397 Theile Sauerstoff enthalten; und es ist  $5,897 \times 6 = 35,382$ . In diesem Salze enthält also das Krytallwasser 6 Mal so viel Sauerstoff als die Basis.

*Effigsaurer Kalk.* Um dieses Resultat einigermaßen zu controlliren, verwandelte ich 10 Gr. in strenger Hitze verwitterten *effigsauren Kalk* in salzsauren Kalk, und erhielt davon 7,005 Gr., welche 3,5782 Gr. reinen Kalk enthalten. Der *effigsaure Kalk* bestehet diesem zu Folge aus

Effigsaure	64,218	100,00
Kalk	35,782	55,74
	<hr/> 100,000	<hr/> 155,74

Die Menge Natron, welche 100 Th. *effigsauren Kalk* sättiget, enthält aber 15,89 Theile Sauerstoff, und die Menge des in 100 Theilen dieses Salzes enthaltenen Kalks 15,71 Th. Sauerstoff. Diese Analyse scheint folglich die vorige zu bestätigen, obgleich beide nicht in den letzten Zahlen übereinstimmen; sie beweisen, daß die Menge Sauerstoff, welche 100 Th. *Effigsaure* in den Basen voraussetzen, von diesen beiden Zahlen nicht bedeutend entfernt seyn kann.

*Salzsaures Ammoniak.* Aus meiner bereits mitgetheilten Analyse dieses Salzes erhellet, daß es folgendermaßen zusammengesetzt ist:

Salzsäure	50,86
Ammoniak	31,95
Wasser	17,19 *)

T 2

\*) S. Hrn. Berzelius Abhandl. *Ann.* N. F. B. 7. S. 447. und erste Fortsetzung B. 8. S. 173. Kalk entbinder aus

Nun sind aber in 31,45 Th. Ammoniak 14,98 Th. Sauerstoff und in 17,19 Th. Wasser 15,17 Th. Sauerstoff enthalten. Das Krytallwasser dieses Salzes muß also eben so viel Sauerstoff als die Basis in sich schliessen. Wäre die Zusammensetzung des Wassers mit so völliger Sicherheit bestimmt, daß man sich auf die letzten Decimalen der Angabe verlassen könnte, so würde dieses Resultat einen kleinen Fehler in der Analyse des salzsauren Ammoniaks anzeigen, und daß ich des Ammoniaks in ihr  $\frac{12}{10000}$  zu wenig erhalten hätte. So aber lohnt es der Mühe nicht zu versuchen, die angenommenen Zahlen zu berichtigen; auch in den andern Bestimmungen, z. B. denen der Salzsäure, sind die Decimalen nicht zuverlässig. Wenn indess auch keine von meinen Analysen, welche ich in dieser Abhandlung mitgetheilt habe, vollkommen richtig ist, es sey denn durch Zufall, so, dünkt es mir, kommen sie doch alle der Wahrheit nahe genug, daß wir bei dem Aufsuchen der Gesetze der Proportionen in den Mischungen uns mit Zuverlässigkeit ihrer bedienen können. Erst wenn diese Regeln werden so ausgemacht seyn, daß sich von ihnen in unsern Analysen mit Sicherheit Gebrauch machen läßt, werden wir die schwierige Arbeit, für die Mischungs-Verhältnisse der Körper vollkommen richtige Zahlen-Bestimmungen aufzufuchen, mit grö-

Salmiak 31,95 Procent Ammoniakgas, und salpetersaures Silber zeigt in dem Salmiak 50,86 Procent Salzsäure. Das übrige ist Wasser.

Gilbert.

liserer Hoffnung eines günstigen Erfolgs unternehmen können \*).

Von dem *salpetersauren Ammoniak* habe ich in der zweiten Fortsetzung dieser Abhandlung geredet, welche sich mit der Sättigungs-Capacität und der wahren Zusammensetzung der Salpetersäure beschäftigt, und dort (oben S. 168) gezeigt, daß es eben so wie das *salzsaure Ammoniak* eine Menge Krystallwasser enthält, deren Sauerstoff dem der Basis gleich ist.

*Schwefelsaures Ammoniak.* Ich hatte 10 Gramme trocknes *schwefelsaures Ammoniak* mit 30 Gr. kauftischem Kalk in einer kleinen abgewogenen gläsernen Retorte gemengt, und dann die Kugel und den Hals der Retorte mit Kalk ganz ausgefüllt. Der Mündung der Retorte palste ich ein kleines mit kauftischem Kali gefülltes Glasrohr an, und erhitzte

\*) Es sey mir erlaubt, die Chemiker, die sich durch einen solchen Gang der Untersuchung, wie ihn Hr. Berzelius mit wenigen Zügen vorzeichnet, überrascht und mit Bedenklichkeit erfüllt finden sollten, hiermit auf die Sternkunde hinzuweisen. Auf einem ganz ähnlichen Wege ist es dem Astronomen gelungen, zu der bewundernswürdigen Schärfe und Zuverlässigkeit in den Zahlen-Bestimmungen, bei allem, was den Lauf der Gestirne betrifft, zu gelangen, auf welche sie mit Recht stolz sind, und zu denen die bloße Beobachtung sie nie hätte führen können. Hrn. Berzelius wird es, trüge ich mich nicht, zu einem bleibenden Verdienst gereichen, der Erste gewesen zu seyn, der die Möglichkeit eines solchen Weges in der Chemie wahrgenommen, und ihn durch seine musterhaften Analysen nicht bloß als ausführbar dargethan, sondern uns auch schon so weit auf demselben vorwärts geführt hat. Gilbert.

dann die Retortenkugel langsam bis zum völligen Durchglühen. Als kein Ammoniakgas mehr durch die Oeffnung des Rohrs entwich, hörte ich mit dem Erhitzen auf. Als die Retorte wieder abgekühlt war, hatte der Apparat 2,26 Gr. am Gewicht verloren. In einem andern Versuch verlor er nur 2,25 Gr. Da nun das Ammoniak eine Menge Schwefelsäure, welche 3 Mal so viel Sauerstoff als das flüchtige Alkali enthält, sättigen muß, so hat dieses Salz folgende Bestandtheile:

Schwefelsäure	53,1
Ammoniak	22,6
Wasser	24,3
	<hr/>
	100,0

Diese Menge Wasser enthält 21,444 und die Menge des Ammoniak, meiner Bestimmung zu Folge, 10,6 Th. Sauerstoff, und es ist  $10,6 \times 2 = 21,2$ .

Bei diesen Versuchen ist es sehr schwierig, das Ammoniak völlig herauszutreiben; denn beinahe immer bleibt ein wenig Ammoniak mit dem von dem Kalke und dem Kali verdichteten Wasser zurück. Doch sieht man aus dem Versuche, daß in diesem Salze das Kry stallwasser zwei Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthält.

*Sauerkleesäures Ammoniak* zeigt uns das auffallende Schauspiel eines verwitternden Ammoniaksalzes. Nach älteren Versuchen soll dieses Salz beim Verwittern 16 Procent an Gewicht verlieren. In mehrern Versuchen erhielt ich aber niemals einen größern Verlust als 13,75 Procent. Wenn nun 100 Th. Sauerkleesäure eine Menge Basis sättigen,



welche 21,2 Th. Sauerstoff enthält, so muß dieses Salz folgendermaßen zusammengesetzt seyn:

Sauerkieselsäure	59,37
Ammoniak	26,88
Wasser	15,75
	<hr/>
	100,00

Diese Menge Ammoniak enthält 12,586, und das Wasser 12,134 Th. Sauerstoff. Wir können also als ausgemacht annehmen, daß die Basis und das Krystallwasser in diesem Salze gleiche Mengen Sauerstoff enthalten. Die Abweichung in dem Resultate rührt gewiß nur von kleinen Fehlern in den Daten der Berechnung her.

**Salzsaurer Baryt.** 17 Gramme feingepulverter, im Schatten getrockneter salzsaurer Baryt in einem gewogenen Platintiegel geglühet, verloren 2,505 Gr. an Gewicht. Das krystallisirte Salz besteht also aus

Salzsäure	13,349
Baryt	61,852
Wasser	14,799
	<hr/>
	100,000

Diese Menge Baryt enthält 6,495 und das Wasser 13,05 Th. Sauerstoff. Nun sind aber  $6,495 \times 2 = 12,99$ . Das Krystallwasser in diesem Salze enthält also zwei Mal so viel Sauerstoff, als die Basis.

**Schwefelsaurer Kalk.** Durch die von Bucholz beschriebene Analyse des krystallisirten Gypses wissen wir, daß dieser aus folgenden Bestandtheilen zusammengesetzt ist:

Schwefelsäure	36
Kalkerde	35
Wasser	29
	100

Diese Menge Kalk enthält 9,29, und das Wasser 18,53 Th. Sauerstoff. Nun sind  $9,29 \times 2 = 18,58$ . Das Wasser in diesem Salze enthält also *doppelt* so viel Sauerstoff, als die Basis.

*Salzsauren Kalk.* Ich hatte vor einigen Jahren eine Menge schöner Krystalle von *salzsaurem Kalk* aufgesammelt und verwahrt. Diese wurden nun schnell zerstoßen und zwischen vielfachem und mehrere Mal gewechseltem Löschpapier in einer Presse getrocknet, bis das Salz dem Papier keine Feuchtigkeit mehr mittheilte. Ich wog 10 Granme des Salzes, das auf diese Weise getrocknet worden war, in einem verschlossenen gläsernen Kolben ab, erhitzte sie dann in dem offenen Kolben, und brachte sie endlich zum Glühen. Das Salz hatte dabei 49,603 Procent an Gewicht verloren. Der krystallisirte *salzsaure Kalk* ist also folgendermaßen zusammengesetzt:

Salzsäure	51,686
Kalk	25,711
Wasser	49,603
	100,600

Nun enthalten aber 49,603 Th. Wasser 43,774 Th. Sauerstoff, und 25,711 Th. Kalk 7,24 Th. Sauerstoff, und es ist  $7,24 \times 6 = 43,44$ . Dafs hier ein kleiner Ueberschufs an Wasser nicht verhindert werden konnte, ist leicht einzusehen. Das Krystallwasser

des salzsauren Kalks enthält also sechs Mal so viel Sauerstoff, als der darin befindliche Kalk.

*Schwefelsaures Eisenoxydul.* Zehn Gramme schwefelsaures Eisenoxydul in einer kleinen Glasretorte vier Stunden lang sehr stark, aber nicht bis zum Glühen erhitzt, hatten 45,4 Gr. Wasser verloren. Dieses Salz bestehet also aus

Schwefelsäure	28,9
Eisenoxydul	25,7
Wasser	45,4
	<hr/> 100,0

Der Sauerstoff des Wassers beträgt 40,16, und der des Oxyduls 5,8 Theile, und es ist  $5,8 \times 7 = 40,6$ . Wir sehen also, daß in diesem Salze das KrySTALLwasser 7 Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthält.

*Schwefelsaures Zinkoxydul.* Zehn Gramme trocknes schwefelsaures Zinkoxydul in einem gewogenen Platintiegel über einer Weingeistlampe erhitzt, verloren 36,45 Procent an Gewicht. Da nun das wasserfreie Salz in 100 Th. 49,52 Th. Schwefelsäure und 50,48 Th. Basis enthält, so bestehet das krySTALLisirte Zinkoxydul in 100 Theilen aus

Schwefelsäure	30,965
Zinkoxydul	32,585
Wasser	86,450
	<hr/> 1100,000

Die Basis enthält 6,39 und das Wasser 32,15 Theile Sauerstoff; es ist aber  $6,39 \times 5 = 31,95$ ; das Wasser muß also in diesem krySTALLisirten Salze 5 Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthalten.

**Schwefelsaures Kupferoxyd.** Zehn Gr. dieses krytallisirten Salzes verloren beim Verwittern über einer Weingeistlampe 36,3 Procent an Gewicht. Das krytallisirte schwefelsaure Kupferoxyd ist also folgendermaßen zusammengesetzt:

Schwefelsäure	31,57 *)
Kupferoxyd	32,13
Wasser	36,30
	<hr/> 100,00

Der Sauerstoff dieser Menge Kupferoxyds (zu 24,5 auf 100 Theile Kupfer gerechnet, (vergl. *Annal. B. 7. S. 283.*) beträgt 6,32, und der des Wassers 32. Nun ist aber  $6,32 \times 5 = 31,6$ ; das Krytallwasser enthält also in diesem Salze 3 Mal so viel Sauerstoff als die Basis.

**Salpeterfaures Wismutoxydul.** Zehn Gramme krytallisirtes und in Pulverform in der Luft getrocknetes salpeterlaures Wismutoxydul wurden in einer kleinen Retorte bis zum völligen Glühen erhitzt. Sie gaben in einem Versuch 5,13 und in einem andern 5,12 Gr. flüssige, nicht rauchende Salpetersäure. Dieses Salz muß also mehr Wasser enthalten, als erfordert wird, um die Säure in ihrer höchst concentrirten Gestalt darzustellen. Nach den sehr genauen Versuchen des Hrn. Lagerhjelm enthält das Wismutoxydul 10,13 Procent Sauerstoff; 48,8

\*) Zu Folge der berichtigten Analyse des schwefelsauren Baryts (vergl. *Gilb. Annal. B. 38. S. 169.*) sind nämlich in 5 Grammen schwefelsaurem Kupfer 2,477 Gr., also 49,55 Procent Schwefelsäure und 50,45 Proc. Kupferoxyd enthalten, oder auf 100 Th. Schwefelsäure 101,82 Th. Kupferoxyd (vergl. *daf. B. 37. S. 288.*) *Berzelius.*

Theile Oxydul enthalten also 4,9434 Th. Sauerstoff, und müssen folglich 33,7 Theile Salpetersäure sättigen \*). Was an 100 Th. fehlt, d. i. 17,5 Theile, müssen Wasser gewesen seyn. Diese enthalten aber 15,4 Th. Sauerstoff, und es ist  $4,9434 \times 3 = 14,83$ . Wir sehen also, daß nach diesem Versuche, der wegen der leichten Zersetzbarkeit dieses Salzes durch atmosphärische Feuchtigkeit nicht völlig genau seyn kann, das Krytallwasser in diesem Salze drei Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthalten muß.

#### Schlüsse.

Ich halte diese unter so verschiednen Salzen gewählten Beispiele für hinreichend, um das Gesetz zu beweisen, „daß in den Salzen der Sauerstoff „des Krytallwassers stets ein Multiplum nach einer ganzen Zahl von dem der Basis ist, oder (wie „bei der Citronensäure und dem basischen kohlen- „sauren Kupferoxyd) ein Submultiplum nach einer „ganzen Zahl von der Sauerstoffmenge der Basis ist.“

Wenn wir den Sauerstoff des Krytallwassers mit dem der Säure vergleichen, finden wir nicht immer ein Verhalten nach dem nämlichen Gesetze; denn es ist z. B. im schwefelsauren Natron der Sauerstoff des Krytallwassers  $3\frac{1}{2}$  Mal dem der Säure, und im schwefelsauren Ammoniak  $\frac{3}{2}$  Mal dem der Säure gleich. Dieses hat mich auf folgende Regel geführt: „In Verbindungen von mehrern oxydirten Körpern

\*) Indem 100 Th. Salpetersäure 14 $\frac{1}{2}$  Th. Sauerstoff in der sie neutralisirenden Basis voraussetzen; vergl. oben S. 166.

„ist der Sauerstoff desjenigen Bestandtheils, der da-  
 „von am wenigsten enthält, in der Sauerstoffmenge  
 „jeder der übrigen Bestandtheile nach einer ganzen  
 „Zahl enthalten.“

Sollte sich aber nicht in Zusammensetzungen dieser Art ein herrschender Bestandtheil befinden können, von dessen Sauerstoff, wenn auch die Menge desselben nicht die kleinste ist, die Sauerstoffmengen der übrigen Bestandtheile Multipla oder Submultipla seyn müssen? Wenn z. B. in einem basischen Salze die Säure ein Drittel, und das Wasser halb so viel Sauerstoff als die Basis enthielte, so würde zwar der Sauerstoff der beiden erstern ein richtiges Verhältniß zu dem der Basis haben, welche als der herrschende Bestandtheil anzusehen wäre, aber der Sauerstoff des Wassers wäre nicht ein Multiplum von dem der Säure, welche in diesem Falle die geringste Menge ausmachte. Unter den wenigen Körpern, welche ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, findet sich kein Beispiel dieser Art; dieses kann indess nicht als ein Beweis gegen diese letztere Ansicht angesehen werden. Da aber jede Zusammensetzung auf den Inbegriff der Verwandtschaften eines jeden ihrer Bestandtheile beruhet, so scheint mir die zuerst angeführte Ansicht die wahrscheinlichere zu seyn.

Ich gestehe, daß wir der Erfahrungen noch zu wenige haben, um solche Folgerungen schon als bewiesene Gesetze aufstellen zu können. Wir sind aber genöthigt, sie fürs Erste wenigstens vor-

schlagsweise anzunehmen, um zu einer sicheren Einsicht zu gelangen, und ich bin überzeugt, daß die hier angeführten Ideen sich werden im Allgemeinen als richtig bewähren, obschon sie manche Berichtigung werden erhalten müssen, in dem Maasse als sich von dem unendlich Vielen, was unsern Untersuchungen bis jetzt entgangen ist, immer mehr uns entfalten wird.

---

## II. Gesetze für die Bildung der basischen Salze.

Jeder Chemiker weiß, was wir unter Neutralsalzen verstehen; dessen ungeachtet ist es so leicht nicht, durch eine gute Definition anzugeben, was *neutral* eigentlich ist. Wenn wir den Zustand in den Salzen mit alkalischer oder alkalisch-erdiger Grundlage, in welchem sowohl die Säure als die Basis gegen die meisten Körper völlig indifferent sind, und in welchem also die Reaction auf Pflanzenfarben aufgehört hat, als Norm für die Neutralität annehmen, so scheint es, als könnten nur solche Salze für neutral angesehen werden, in denen sich in der Basis mit der Säure die nämliche Menge Sauerstoff als in den alkalischen oder alkalisch-erdigen Salzen verbindet, und in welchen also bei einer Wechselzerlegung von zwei Salzen weder Säure noch Basis frei wird. Davy nennt in seiner Abhandlung über die Elektricität als chemisches Agens \*) jede solche Verbindung *neutral*, in wel-

\*) Diese *Annalen* B. 28. S. 1. f.

cher die ursprünglichen elektrischen Reactionen aufgehört haben. Dieses ist auch in der That der einzige wissenschaftlich-richtige Begriff von einer neutralen Verbindung; er ist aber nur relativ. Denn so z. B. ist der Sauerstoff in dem Bleioxydul, dieser Bestimmung zu Folge, neutralisirt; er hat aufgehört, auf die meisten Körper electro-positiv zu reagiren, behält jedoch noch immer eine electro-positiv Reaction gegen brennbarere Körper, z. B. gegen das Kalium. Ganz das nämliche gilt für die Neutralsalze. Wenn das Kali, das Natron u. a. m. eine Menge Schwefelsäure, welche dreimal so viel Sauerstoff als sie enthält, mit einer so grossen Kraft sättigen, daß die Reactionen der Säure ganz aufhören, so ist dieses keineswegs der Fall mit dem Zinkoxydul, dem Eisenoxyd, der Thonerde, der Zirkonerde u. a. Da die Verwandtschaft der letztgenannten Basen sehr schwach ist, so strebt jeder Körper, der mit ihren Salzen in Berührung kömmt, eine Portion Säure aus ihnen aufzunehmen, und dadurch äussert sich die Reaction der Säure, und das Salz scheint nicht neutral zu seyn, obgleich es die neutrale Verbindung ist, welche diese Basen eingehen können. Daß wir gewohnt sind, diese Salze als *füerliche* zu betrachten, beruht darauf, daß von den beiden Bestandtheilen derselben die Säure die stärksten Verwandtschaften besitzt, und daher ihre Reaction auf den Geschmack und auf die Pflanzenfarben hervorstechend äussert. Wenn wir



aber die Verbindungen der schwächeren Säuren mit den stärkeren Basen betrachten, finden wir, daß in ihnen immer die Basis die Reactionen äußert. So z. B. nennt man zuweilen das gewöhnliche zerfließende kohlensaure Kali ein *basisches Salz*, obgleich darin mit der Kohlenensäure in der Basis die nämliche Menge Sauerstoff als in dem kohlensauren Baryt oder Kalk verbunden ist, und diese drei Salze sich also in einerlei proportionellen Sättigungszustande befinden. Daß beide Verbindungen aber *neutral* sind, sehen wir deutlich dadurch ein, daß die Cohäsionskraft dieser beiden alkalisch-erdigen Salze hinreichend ist, die hervorstechende Reaction dieser sehr kräftigen Basen zu verhindern.

Wir können also, glaube ich, alle diejenigen erdigen und metallischen Salze als *neutral* ansehen, in welchen die Säure eben so viel Theile Sauerstoff in der Basis mit sich vereinigt, als dieses in einer bestimmt neutralen Verbindung der nämlichen Säure mit einem Alkali oder einer alkalischen Erde geschieht. So z. B. sehe ich als *Neutralsalze* an, alle diejenigen schwefelsauren Salze, in welchen die Basis ein Drittel so viel Sauerstoff als die Säure enthält; ferner alle arseniksaure, kohlensaure, salzsaure und phosphorsaure Salze, in welchen die Basis halb so viel Sauerstoff als die Säure in sich schließt, und so ferner. Salze, in welchen des Sauerstoffs in der Säure verhältnißmäßig gegen den der Basis mehr enthalten ist, als im Neutralsalze, nenne ich *säuer-*

*liche oder saure Salze, und umgekehrt basische Salze* solche, welche des Sauerstoffs in der Säure, bezogen auf den in der Basis, verhältnismässig weniger als das Neutralsalz enthalten.

In der ersten Reihe meiner Versuche über die bestimmten Verhältnisse, wonach die unorganischen Körper mit einander verbunden sind, habe ich zwei Beispiele von basischen schwefelsauren Salzen angeführt. Ich glaubte nämlich gefunden zu haben, daß im *basischen schwefelsauren Eisenoxyd* die Schwefelsäure 4 Mal mehr Basis als in dem neutralen sättigt \*), welche Meinung durch eine oberflächliche Untersuchung des *basischen schwefelsauren Kupferoxyds* \*\*) bestätigt zu werden schien. Da ich aber während der Fortsetzung dieser Versuche nach und nach zu neuen und richtigeren Begriffen gelangte, zeigte sich, daß die Regel für das Verhalten des Sauerstoffs der Säuren zu dem der Basen mit dieser Bestimmung keineswegs übereinstimmend war. Denn wäre dieses Resultat der Analyse des basischen schwefelsauren Eisenoxyds richtig, so wäre in demselben der Sauerstoff der Säure 3 Viertel von dem der Basis, und also weder ein Multiplum noch ein Submultiplum nach einer ganzen Zahl von dem der Säure. Dieses veranlaßte mich, die Analysen mit größerer Genauigkeit zu wiederholen.

\*) Vergl. *Annal. Neue Folge* B. 7. S. 308.

G.

\*\*) *Daf.* S. 289.

G.

1. *Basisches schwefelsaures Eisenoxyd.*

Ich löste rothes Eisenoxyd in concentrirter Schwefelsäure auf, erhitzte die Mischung bis zur völligen Sättigung der Schwefelsäure, löste dann das Salz in Wasser auf, filtrirte die Auflösung, versetzte sie mit kautischem Ammoniak, jedoch so, daß nicht alles Eisenoxyd herausgefällt wurde, und digerirte die Flüssigkeit 24 Stunden lang mit dem Niederschlage. Der Niederschlag wurde alsdann so lange auf dem Filtrum gewaschen, als das durchgehende Wasser noch mit Barytsalzen eine Reaction auf Schwefelsäure äußerte. Das stark getrocknete Salz hatte ganz das Ansehen des gewöhnlichen niedergeschlagenen Eisenoxys. Ueber einer Wein- geistlampe seines Wassers beraubt, wobei nichts als reines Wasser entbunden wurde, hinterließ es ein rothes, dem *Colcothar Vitrioli* ganz ähnliches Pulver. Zehn Gramme dieses Pulvers streng ausgeglühet, hinterließen 7,98 Gr. Eisenoxyd, und entbanden während des Glühens schweflige Säure. Das Eisenoxyd in Salzsäure aufgelöst und mit Barytsalz geprüft, gab keine wahrnehmbare Spur von Schwefelsäure zu erkennen.

In diesem basischen Salze waren also 20,2 Th. Schwefelsäure mit 79,8 Th. Eisenoxyd verbunden. Diese Menge Eisenoxyd enthält 24,47 Th. Sauerstoff und die Menge Säure 12,12 Th. Sauerstoff, also (mit einer unbedeutenden Abweichung) *halb* so viel Sauerstoff als das Oxyd. Wir sehen also, daß in dem basischen schwefelsauren Eisenoxyd die Säure

6 Mal so viel Basis als im neutralen sättigt; denn nach meiner bereits mitgetheilten Analyse des neutralen Schwefelsäuren Eisenoxyds sättigen 100 Th. Schwefelsäure 65,5 Th. Eisenoxyd \*), und es ist  $65,5 \times 6 = 393$ . Nach der hier angeführten Analyse des basischen Salzes sättigen in demselben 100 Theile Säure 395 Th. Eisenoxyd; welches eine so kleine Verschiedenheit ist, daß sie nur für einen Beobachtungsfehler gelten kann.

Ich sammelte hierauf eine Menge pomeranzengelben Ocker, der sich aus einer Vitriollauge auf einem Vitriolwerke gebildet hatte, laugte ihn sorgfältig aus, und trocknete ihn in der Sonne. Ueber einer Weingeistlampe seines Wassers beraubt, hatte er 21,7 Procent Wasser verloren. In der Glühehitze gab er noch 15,9 Proc. Schwefelsäure her, und das rückständige rothe, nicht magnetische Eisenoxyd betrug 62,4 Procent. Nach diesem Versuch verbinden sich 100 Th. Schwefelsäure im basischen Salze mit 392,52 Th. Eisenoxyd, und der *gelbe Ocker* ist folgendermaßen zusammengesetzt:

Schwefelsäure	15,9	100
Eisenoxyd	62,4	392,52
Wasser	21,7	
	<hr/>	
	100,0	

Diese Menge Wassers enthält 19,15, das Eisenoxyd 19,13 und die Schwefelsäure 9,54 Th. Sauerstoff. Die Basis und das Wasser schließen also in diesem Salze gleiche Mengen Sauerstoff in sich, und

\*) *Annal. N. F. B.* 7. S. 308.

die Säure genau die Hälfte so viel Sauerstoff. Ihres ganz verschiedenen Ansehens ungeachtet, waren also der gelbe Ocker und der braunrothe Niederschlag ganz die nämliche Verbindung. Ich bedaure indess, daß die erst beschriebene Analyse in die Zeit fällt, als ich über das Krytallwasser noch keine Erfahrungen gesammelt hatte.

Ich war nicht wenig begierig, die Ursache zu erforschen, warum dieses Resultat von dem meiner früher mitgetheilten Analyse dieses Salzes so weit abwich, und bereitete zu dem Ende das basische Salz wiederum auf die nämliche Weise wie damals. Ich löste nämlich Eisen in verdünnter Schwefelsäure auf, der ich, um die Ausbeute an Oxydsalz zu vermehren, ein wenig Salpetersäure zugesetzt hatte. Als sich nichts mehr auflösen wollte, stellte ich, um die Abscheidung des basischen Salzes zu beschleunigen, ein blankes Eisen in die filtrirte Auflösung, und setzte sie in einem offenen Gefäß einer Temperatur von 25 bis 30° mehrere Tage lang aus. Ich erhielt dabei eine beträchtliche Menge eines ockergelben Pulvers, welches den Hauptcharakter des von mir zuerst analysirten basischen schwefelsauren Eisens besaß, daß es sich nämlich nur wenig, und nach dem Austrocknen beinahe gar nicht, in Salzsäure auflöste, und von kauftischem Kali nicht verändert wurde. Als ich diesen gelben, gut ausgewaschenen Ocker erst in der Sonne trocknete, und dann in einer kleinen gläsernen Retorte erhitze, erhielt ich in der Vorlage ein mit Ammoniak stark

beladenes Wasser, welches 18,5 Procent betrug. In der Glüehitze wurden 32 Procent Schwefelsäure ausgetrieben, und es blieben 49,5 Procent rothes, nicht magnetisches Eisenoxyd zurück. In meinen früheren Versuchen war also durch die Salpetersäure, welche ich beim Oxydiren des Eisensalzes angewendet (und deren ich damals ausdrücklich Erwähnung zu thun für überflüssig gehalten) hatte, eine ganz andre Zusammenfassung hervorgebracht worden, als das reine basische Salz, und ich hatte, aller Wahrscheinlichkeit nach, eine Mischung desselben mit dieser Verbindung analysirt. Diese *ammoniakalische Verbindung* verdient alle Aufmerksamkeit; sie scheint ein *dreifaches* basisches, dem Ammoniak-Kupfer analoges Salz zu seyn. Bei der Erhitzung verbindet sich die Schwefelsäure des Ammoniaks mit dem Eisenoxyd, und das Ammoniak wird frei. Es scheint, als komme dieser Körper durch seine Schwerauflöslichkeit in Säuren, und durch seine Unveränderlichkeit in kauftischer Kalilauge, den von Davy beschriebenen dreifachen Verbindungen des Ammoniaks mit Salzsäure und Zinn, und der mit Salzsäure und Phosphoroxyd einigermaßen nahe. Da ich vielleicht nur eine Mischung von diesem Körper mit basischem Oxydsalz hatte, so schien mir die nähere Bestimmung der Bestandtheile eine unfruchtbare Arbeit zu seyn. Ich werde aber die Darstellung und die Analyse dieser sonderbaren Verbindung bei einer andern Gelegenheit vornehmen.

Durch die Analyse des reinen basischen schwefelsauren Eisenoxyds ist also dargethan, daß das Verhalten zwischen dem Schwefel und dem Eisen in diesem Salze, welches ich aus meiner ersten Analyse gefolgert hatte \*), unrichtig ist. Wir werden vielmehr in den folgenden Analysen sehn, daß in den basischen schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure dem der Basis entweder *gleich*, oder davon ein *Submultiplum* nach einer ganzen Zahl ist. Und daraus wird folgen, daß in allen basischen schwefelsauren Salzen der Schwefel zu dem Metalle in einem solchen Verhältnisse steht, daß die Menge desselben ein *Submultiplum* nach einer ganzen Zahl von der Menge des Schwefels in dem Schwefel-Eisen in *Minimo*, und folglich auch von dem Schwefel im neutralen schwefelsauren Eisenoxydul ist. In dem hier beschriebenen Eisenoxydsalze ist das Verhältniß des Schwefels zum Eisen genau ein *Viertel* von dem, was es im Schwefel-Eisen im *Minimum* und im schwefelsauren Eisenoxydul ist.

Ich muß hier den Leser auf einen Gegenstand aufmerksam machen, der für die Vervollkommenung der Lehre von den festen Proportionen in den Mischungen von der äußersten Wichtigkeit ist, und ohne welchen wir die Lehre von der Zusammensetzung der organischen Körper je aufgeklärt zu sehen, kaum hoffen dürfen; nämlich auf das *absolute Minimum* der Verbindung eines Körpers mit

\*) *Annal. N. F. B.* 7. S. 309.

einem andern, von welchem alle andere Verbindungen *Multipla* seyn müssen. Da nur sehr wenige Verbindungsgrade zwischen zwei Körpern für sich, d. i. ohne Dazwischenkunft eines oder mehrerer andern Körper, Statt finden, und da diese vielleicht niemals, oder doch nur höchst selten, Verbindungen im *Minimum* darstellen, so sind wir genöthigt, diese *Minima* in dergleichen vielfacheren Verbindungsarten aufzufuchen. Es wird schwer halten, das wahre *Minimum* zu entdecken; jeder gute in dieser Hinsicht gemachte Versuch aber wird von interessanten Folgen seyn. Das so eben analysirte basische Eisensalz mag mir hier zum Beispiele der Erläuterung dienen. Sollten wir in der Folge keine Verbindung der Schwefelsäure mit einer noch größern Menge Eisen in den Eisenoxydul- oder Eisenoxyd-Salzen entdecken, und sollte das in diesem Versuch gefundene Verhältniß des Schwefels zum Eisen der größte gemeinschaftliche Divisor von allen den Verhältniß-Zahlen seyn, welche in den Mischungen des Schwefels mit dem Eisen Statt finden, so dürften wir hoffen, hier das Minimum von Schwefelgehalt des Eisens gefunden zu haben. In dieser niedrigsten Stufe würden sich also z. B. 100 Theile Eisen mit 14,66 Th. Schwefel vereinigen. In dem magnetischen Schwefel-Eisen (*im Minimum* genannt, weil es die niedrigste Stufe der Verbindung ist, welche wir für sich darstellen können), oder im neutralen schwefelsauren Eisenoxydul, sind 100 Th. Eisen mit  $14,66 \times 4 = 58,64$ , im schwefel-



sauren Eisenoxyd mit  $14,66 \times 6 = 87,96$ , und im gewöhnlichen Schwefelkies mit  $14,66 \times 8 = 117,28$  Th. Schwefel verbunden. Es sind dieses also Multipla von dem *Minimo* nach 4, 6 und 8, und wir finden, daß diese Multipla bis auf die Tausendtel mit den Resultaten der Versuche übereinstimmen. Es läßt sich vermuthen, daß das Multiplum nach 2, welches wir hier vermiffen, auch existirt, obgleich in einer vielleicht noch unbekannten Verbindung, z. B. in einem basischen Oxydsalze, in welchem die Schwefelsäure und das Eisenoxyd gleiche Theile Sauerstoff enthalten. Wenn nun 14,66 Th. Schwefel die geringste Menge wäre, mit welcher sich 100 Th. Eisen verbinden können, so würde daraus folgen, daß kein basisches schwefelsaures Eisenoxydsalz möglich ist. Wenn aber umgekehrt ein solches Salz entdeckt werden sollte, so würden 14,66 Th. Schwefel auf 100 Th. Eisen nicht die Stufe des *Minimum's* seyn; diese könnte dann nicht höher als 4,9 seyn, und würde den größten gemeinschaftlichen Divisor für alle Verbindungen des Schwefels mit 100 Th. Eisen darstellen. Ungefähr auf diese Weise habe ich das *Minimum* vom Sauerstoff in den Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Sauerstoffe zu finden gesucht; um indess auszumachen, welche von den mehreren Zahlen, die das Minimum des Sauerstoffgehalts darstellen könnten, das wahre Minimum sey, dazu wird eine große Menge von Versuchen erfordert, und diese dürften eine mehr

jährige Arbeit erfordern, ehe sie zu einem einigermaßen sichern Resultat führen werden.

2. *Basisches schwefelsaures Kupferoxyd.*

Ich schlug schwefelsaures Kupferoxyd so mit kauftischem Ammoniak nieder, daß nicht alles Oxyd gefällt wurde, und erhitzte 10 Gr. von dem wohl ausgewaschenen und getrockneten Niederschlag in einer gläsernen Retorte über einer Weingeistlampe so lange, als noch Wasserdämpfe daraus verjagt wurden. Das so getrocknete Salz hatte 14,5 Procent an Gewicht verloren. Als ich es in Salpetersäure auflöste, und die Auflösung mit Barytsalz niederschlug, erhielt ich 8,55 Gramme gegläuhten schwefelsauren Baryt, welchem 21,28 Proc. Schwefelsäure entsprechen. Dieses Salz besteht also aus

Schwefelsäure	21,28	100
Kupferoxyd	64,22	301,8
Wasser	14,50	
	<hr/> 100,00	

Diese Menge Schwefelsäure enthält 12,74, das Kupferoxyd 12,66, und das Wasser 12,87 Theile Sauerstoff; in allen drei Bestandtheilen finden sich also *gleiche* Mengen Sauerstoff. Es sättigen folglich 100 Th. Schwefelsäure in diesem Salze *drei* Mal so viel Kupferoxyd, als im neutralen schwefelsauren Kupferoxyd.

3. *Basisches schwefelsaures Wismutoxydul.*

Herr Lagerhjelm fand in seinen Versuchen über den Wismut, daß in dem schwefelsauren Wismutoxydul die Säure 3 Mal den Sauerstoff der Basis

enthält. Ich zerlegte daher eine Menge neutrales Salz durch zugesetztes Wasser, und laugte das aufgelöste basische Salz mit Wasser aus. Das auf einer Sandkapelle stark und lange getrocknete Salz wurde dann in einem gewogenen Platintiegel geglühet, so lange noch eine Spur von schwefliger Säure entbunden wurde. Es hatte dabei 14,5 Procent an Gewicht verloren, und besteht also aus

Schwefelsäure	14,5	100
Wismutoxydul	85,5	590
	100,0	690

Diese Menge Schwefelsäure enthält 8,685, und das Wismutoxydul 8,66 Th. Sauerstoff; die Säure sättiget also in diesem Salze drei Mal so viel Basis, als im Neutralsalze.

#### 4. *Basische salpetersaure und salpetrigsaure Salze.*

Von dem *basischen* und dem *überbasischen salpetersauren* und *salpetrigsauren Bleioxydul*, und von dem *basischen salpetersauren Kupferoxyd*, habe ich umständlich in der zweiten Fortsetzung meiner Abhandlung oben S. 176 f. gehandelt, und gezeigt, wie sie theils meine Idee von der Zusammensetzung des Stickstoffs, theils die Gesetze, welche ich für die Bildung der basischen Salze hier aufgestellt habe, bestätigen.

#### 5. *Kohlensaures Kupferoxyd.*

Zehn Gramme in der Siedehitze niedergeschlagenes und in der Sonne getrocknetes kohlensaures Kupferoxyd in einer kleinen gewogenen gläsernen

Retorte geglühet, gaben im ersten Versuch 7,16 und im zweiten Versuch 7,17 Gr. schwarzes Kupferoxyd. In der Vorlage wurde eine beträchtliche Menge Wassers angesammelt. Dieses Salz kann also nicht so viel Kohlensäure enthalten, daß diese damit ein Neutralsalz darstellte; die Säure und das Kupferoxyd müssen folglich gleiche Mengen Sauerstoff enthalten, und daher 71,7 Theile Oxyd 19,73 Th. Kohlensäure aufnehmen; die übrigen 8,67 Theile sind Wasser, welches 7,5 Theile Sauerstoff enthält. Jene Menge Kupferoxyd enthält aber 14,34 Th. Sauerstoff; der Sauerstoff des Wassers beträgt also halb so viel, als der der Basis. Die geringe Verschiedenheit in dem Resultate des Versuchs muß darin liegen, daß ein kleiner Theil des kohlensauren Kupferoxyds durch die Wärme seines überschüssigen Wassers nicht gehörig beraubt worden ist.

Es ist nämlich bekannt, daß kohlensaures Kupfer, welches in der Kälte niedergeschlagen wird, ein sehr voluminöses Pulver giebt, dessen Farbe blaulichgrün ist. Wird es dagegen in der Siedehitze niedergeschlagen, so erhält man einen schweren, feinkörnigen und gelblich-grünen Niederschlag. Ich sahe diese beiden Niederschläge für verschiedene kohlensaure Verbindungen an, und wollte die kalt gefällte Verbindung sammeln und durch kaltes Wasser auslaugen; sie wurde aber während dieser Arbeit größtentheils in die schwerere gelblich-grüne verwandelt, und ich konnte sie nie

im reinen Zustande darstellen. Zufälliger Weise setzte ich ein den Tag vorher niedergeschlagenes kohlensaures Kupferoxyd, welches noch in der Flüssigkeit geblieben war, auf die Sandkapelle; als die Kohlen Säure aus der Flüssigkeit entwichen war, sah ich, wie das zunächst auf dem Boden liegende kohlen saure Kupferoxyd sich zusammenballte und gelblich grün wurde, ohne daß sich dabei das geringste Aufbrausen wahrnehmen liefs; und dieses erstreckte sich nach und nach aufwärts in dem Maafse, als sich die Flüssigkeit erwärmte. Diese Veränderung in der Gestalt scheint also keine Veränderung in dem Gehalt an Kohlen Säure, sondern nur im Wassergehalt zu seyn; eben so wie das kohlen saure Zinkoxydul in einer Temperatur, welche die Siedehitze des Wassers nicht erreicht, das gebundene Wasser fahren läßt und sich in schwerere Körner zusammenballt, und wie das blaue Kupfer-Hydrat, wenn man die Flüssigkeit erwärmt, das Wasser verläßt und sich als schwarzes Kupferoxyd absetzt. Auch andere basische Kupfersalze, welche, wenn sie kalt niedergeschlagen werden, leicht und voluminös sind, werden in der Hitze schwerer, und nehmen eine mehr ins Gelbe ziehende Farbe an.

#### 6. *Basische salzsaure Salze.*

Aus einigen meiner ältern Analysen \*) wissen wir, daß die Salz Säure im *basischen salzsauren Kupferoxyd* und im *basischen salzsauren Bleioxydul* 4 Mal so viel Basis als im neutralen Salze sättigt. Da die Salz-

\*) Diese *Annalen* Neue Folge B. 7. S. 292.

Säure 2-Mal so viel Sauerstoff als die Basis, von der sie neutralisirt wird, enthalten muß, so beträgt der Sauerstoff der Säure in diesen basischen Salzen nur die  *Hälfte*  von dem der Basis.

#### 7. Folgerungen.

Ich glaube aus diesen Versuchen über die basischen Salze folgende Schlüsse ziehn zu dürfen.

a) Der Sauerstoff der Säure kann in den basischen Salzen sowohl ein Submultiplum als ein Multiplum nach einer ganzen Zahl von dem der Basis seyn.

b) Die Menge von Basis, welche eine gegebene Menge von Säure in einem basischen Salze sättigt, kann von der Basismenge des neutralen Salzes derselben Art ein Multiplum nur nach einer solchen Zahl seyn, durch welche zugleich der Sauerstoff der Säure von dem der Basis ein Submultiplum oder ein Multiplum nach einer ganzen Zahl wird. So z. B. kann in den basischen Salzen der Schwefelsäure die Basis nur ein Vielfaches nach 3, 6, 9, nicht aber nach 2, 4, 5, 7, 8 u. f. f. von der Basis des neutralen Salzes seyn. Säuren dagegen, deren Sauerstoff in den neutralen Salzen ein 2- 4- 6- 8faches von dem Sauerstoff der Basen ist, können in den basischen Salzen 2, 4, 6, 8, aber nicht 3, 5, 7, 9 u. f. f. Mal so viel Basis als in den neutralen Salzen aufnehmen.

Es ist noch zu untersuchen übrig, ob es ein basisches Salz giebt, in welchem die Basis weniger als verdoppelt gegen die des neutralen Salzes ist; ob

es z. B. ein schwefelsaures Salz giebt, worin die Säure 2 Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthält, oder ein salpeterlaures, worin die Säure 4 Mal so viel Sauerstoff als die Basis in sich schließt.

### III. Gesetze für die Bildung der Doppelsalze.

Die Verbindungen, welche in der ersten antiphlogistischen Nomenclatur *dreifache Salze* genannt wurden, hat man in den letztern Jahren aufgefangen *Doppelsalze* zu nennen, und zwar, wie es scheint, mit Recht. Sie sind nämlich immer aus zwei neutralen Verbindungen zusammengesetzt, welche man in den meisten Fällen durch Mischung der Auflösungen und gemeinschaftliches KrySTALLISIREN dieser beiden Verbindungen hervorbringen kann.

Diese Doppelsalze können von zwei verschiedenen Gattungen seyn: sie sind entweder aus einer Säure und zwei Basen, oder aus zwei Säuren (oder Säure-darstellenden Körpern) und einer Basis zusammengesetzt. Von der ersten Gattung kennen wir mehrere Salze, aber von der zweiten sind uns nur sehr wenige, und keins mit hinlänglicher Genauigkeit, bekannt.

#### 1. *Doppelsalze aus zwei Basen und einer Säure.*

Das Princip der Bildung dieser Doppelsalze ist nicht schwer zu finden, da wir wissen, daß die meisten sauren Salze, wenn man sie mit einer zweiten

Basis sättigt, Doppelsalze darstellen, und es seitdem dargethan worden ist, daß jene sauren Salze die doppelte Menge von Säure der neutralen Salze enthalten. Die neue hinzukommende Basis muß folglich die *nämliche Menge Sauerstoff*, als die vorher im Salze gewesene Basis enthalten. So z. B. muß das Natron, das Eisenoxydul oder das Antimoniumoxydul, womit man in den pharmaceutischen Zubereitungen das säuerliche weinsteinfaure Kali neutralisirt, (dessen Zusammensetzung aus der S. 277 angeführten Analyse bekannt ist,) eben so viel Sauerstoff enthalten, als das zuvor im Salze vorhandene Kali, in sich schloß, weil sie eine *gleiche Menge Weinsteinfaure* als dieses Kali neutralisiren. Daß in diesen Fällen nicht so sehr die Säure das Daseyn der Doppelsalze bestimmt, sondern daß dabei die Verwandtschaften der Basen zu einander die wirksamere Rolle spielen, werden wir aus der Analyse des Alauns ersehen; denn dieses Salz läßt sich dadurch, daß man in dem sauren schwefelsauren Kali die freie Säure mit Thonerde sättigt, nicht ohne einen großen Ueberschuß an schwefelsaurem Kali erhalten. Gewisse Basen geben ferner beinahe mit allen Säuren Doppelsalze, ungeachtet die mehresten Säuren mit keiner von diesen Basen ein saures Salz darstellen können. So z. B. giebt das Ammoniak mit Magnesia, mit Manganes-Oxydul, mit Kupferoxyd, mit Zinkoxydul u. s. w. immer Doppelsalze, und wir haben große Ursache zu glauben, daß diese Basen unter sich immer das nämliche Verhalten



beobachten, d. h. in den Doppelsalzen immer gleiche Sauerstoffmengen enthalten. Ich werde einige wenige Beispiele von Doppelsalzen der ersten Gattung anführen, welche hinreichend seyn können, das Gesetz ihrer Bildung ins Licht zu setzen.

*Schwefelsaure Ammoniak-Magnesia.*

Es wurden von dem fein gepulverten in der Sonne getrockneten Salze 10 Gramme in einem gewogenen Platintiegel erhitzt, und dann geglüheth. Sie gaben dabei genau ein Drittel ihres Gewichts an schwefelsaurer Magnesia; daher die in dem Salze enthaltene Magnesia 11,11 Procent, und der Sauerstoff, den sie in sich schließt, 4,43 Procent vom Gewicht des ganzen Salzes beträgt (oben S. 256). Ich mischte nun mit diesen 3,334 Gr. schwefelsaurer Magnesia eine Menge schwefelsaures Ammoniak, worin der Sauerstoff des Ammoniaks 0,443 Gr. betragen sollte, welches 4,181 Gr. ausmachte; diese beiden Salze wurden in kochendem Wasser aufgelöst, und in der Sonne auf einer gewogenen Glasschaale getrocknet. Ich erhielt 10,006 Gr. wieder. Die schwefelsaure Magnesia hatte also hierbei 2,49 Gr. Wasser aufgenommen, welche 2,2 Gr. Sauerstoff enthalten. Auf 100 Theile des Salzes kommen also 24,9 Th. Wasser, und darin 22 Th. Sauerstoff, also 5 Mal so viel, als Sauerstoff in der einen der beiden Basen enthalten ist. Da nun das schwefelsaure Ammoniak eine Menge Krystallwasser enthält, deren Sauerstoff doppelt so viel als der der Basis be-

trägt, so enthält die ganze Wassermenge dieses Salzes 7 Mal so viel Sauerstoff, als die eine der beiden Basen. Die Sauerstoffmengen der vier Körper, welche dieses Salz ausmachen, verhalten sich also wie 1:1:6:7.

*Schwefelsaures Ammoniak-Kupferoxyd.*

Zehn Gramme von diesem fein gepulverten und in der Sonne getrockneten Salze wurden in einer kleinen Retorte mit Kalk vermischt, und das Ammoniak wurde, ganz auf die nämliche Weise wie bei dem Schwefelsauren Ammoniak, herausgetrieben. Der Apparat hatte dabei 0,827 Gr. an Gewicht verloren. Zehn andre Gramme in Wasser aufgelöst, wurden mit so viel kohlensaurem Kali, als zur Sättigung der Schwefelsäure ungefähr erforderlich war, gemischt, und dann zum Trocknen abgeraucht. Wieder in Wasser aufgelöst, hinterließen sie kohlensaures Kupferoxyd. Die Flüssigkeit, welche einen kleinen Ueberschuß an Alkali hatte, fällte ich mit Schwefel-Wasserstoffgas, wodurch eine leichte Spur von Kupfer zum Vorschein kam. Das erhaltene geglühte Kupferoxyd wog 2 Gr. Diese enthalten 0,3932 Gr. Sauerstoff, und dann kommen auf die 0,827 Gr. kaultisches Ammoniak 0,3897 Gr. Die beiden Basen enthalten also gleiche Theile Sauerstoff. Wenn man nun die zu ihrer Neutralisirung nöthige Menge Schwefelsäure berechnet, so bleibt eine Menge Kry stallwasser übrig, welche 7 Mal so viel Sauerstoff als jede Basis enthält. In

diesem Doppelsalze behält also jedes der beiden Salze die nämliche Menge Kry stallwasser, welche demselben ursprünglich angehört, wie man aus den Analysen der einfachen Salze sehen kann. Die Sauerstoffmengen der Bestandtheile verhalten sich hier zu einander wie im vorhergehenden, nämlich 1:1:6:7.

#### *Alaun.*

Der Alaun gehört auch zu den Doppelsalzen. Man pflegt ihn fast immer für ein saures Doppelsalz auszugeben, meine Untersuchung dieses zusammengesetzten Salzes scheint aber diese Meinung zu widerlegen.

Zwanzig Gramme reiner Alaun wurden in einem Platintiegel über einer Weingeistlampe erhitzt, bis sie nicht mehr an Gewicht verloren. Die aufgeschwollene Masse wurde in dem Tiegel zusammengedrückt, und der Tiegel zuletzt bedeckt, damit die Hitze alle Theile des Salzes gleichmälsig durchdringen möchte. Er hatte nun 9 Gr. an Gewicht verloren, und ich konnte nicht das geringste Zeichen von verflüchtigter Säure wahrnehmen, welche sich doch durch den Geruch hätte zu erkennen geben müssen. Der Alaun enthält also 45 Proc. Kry stallwasser. — Das wasserfreie Salz wurde wieder in Wasser aufgelöst, welches sehr langsam und nicht ohne Beihülfe der Wärme vor sich ging, und dann mit salzsaurem Baryt niedergeschlagen. Der gewaschene und geglühete Niederschlag wog 19,973 Gr., also bis auf eine Kleinigkeit so viel, als der ange-

wandte Alaun. Der krySTALLisirte Alaun enthält also 34,255 Procent Schwefelsäure \*).

Zehn Gramme Alaun wurden in Wasser aufgelöst, und mit Ammoniak in Uebermaafs versetzt und digerirt. Die Thonerde, welche sich hierbei abschied, gut ausgewaschen und gebrannt, betrug 10,67 Procent. Da dieses mit der Angabe des Hrn. Thenard nicht übereinstimmte, wiederholte ich den Versuch mit 50 Gr. Alaun. Nach dem Filtriren wurde die mit überschüssigem Ammoniak versetzte Flüssigkeit und das Wasser, womit die Thonerde gewaschen worden war, zur Trockniß abgedampft, und dann wieder in Wasser aufgelöst, wobei noch eine kleine Menge Thonerde erhalten wurde. Die gesammelte und geglühete Erde wog 5,43 Gramme, und verlor durch wiederholtes Glühen nichts mehr am Gewicht. Der Alaun enthält also nicht mehr als 10,67 bis 10,86 Proc. Thonerde.

Zehn Gr. Alaun in Wasser aufgelöst und in einem kleinen gläsernen Kolben mit kohlen-säurem Strontion so lange digerirt, als noch ein Aufbrausen entstand, wenn mehr von diesem zugesetzt wurde, und dann mit überschüssig zugesetztem kohlen-säurem Strontion gekocht, wurde auf diese Weise ganz ihrer schwefelsauren Thonerde beraubt. Der Niederschlag war nicht, wie man von der Thon-

\*) Nach der berichtigten Analyse des schwefelsauren Baryts in der Ersten Fortsetz. (*Ann. B. 37. S. 169.*) enthalten 100 Theile dieses Salzes 34,314 bis 34,48 Theile Schwefelsäure. Die erste dieser Zahlen würde für den Alaun 34,27 Procent Schwefelsäure geben.

erde erwarten sollte, aufgequollen, sondern schwer, und liefs sich leicht auslaugen. Die durchgeseihete Flüssigkeit war nicht alkalisch, und als ich sie mit Ammoniak versetzte, wurde keine Trübung hervor gebracht. In einem gewogenen Platintiegel zugleich mit dem Waschwasser abgedampft und gegläht, gab sie 1,815 Gr. schwefelsaures Kali, welchem 0,981 Gr. Kali entsprechen.

Da wir gesehen haben, dafs die Thonerde bis zu 46,7 Procent Sauerstoff enthält (S. 262), so ist es unmöglich, dafs hier die Basen gleiche Theile Sauerstoff enthalten können. Der Alaun ist nach diesen Versuchen folgendermafsen zusammengesetzt:

	oder
Schwefelsäure 34,23	Schwefelsaure Thonerde 36,45
Thonerde 10,86	Schwefelsaures Kali 18,15
Kali 9,81	Wasser 45,00
Wasser 45,00	100,00
100,00	

Nun aber neutralisiren 9,81 Theile Kali 8,37 Th. Schwefelsäure, und es bleiben also für die Thonerde 25,86 Th. Schwefelsäure zurück; die Thonerde sättiget also in dem Alaun 3 Mal so viel Säure als das Kali (denn  $8,37 \times 3 = 25,11$ ); die Thonerde mufs also auch 3 Mal so viel Sauerstoff als das Kali enthalten. Nun aber enthalten 9,81 Th. Kali 1,674 Th. Sauerstoff und 10,86 Th. Thonerde 5,077 Th. Sauerstoff, und es ist  $1,674 \times 3 = 5,022$ . Die 45 Th. Wasser enthalten 39,71 Th. Sauerstoff, und es ist  $5,022 \times 3 = 40,17$ . — Zwar ist diese Analyse nicht in den letzten Zahlen richtig, man siehet aber aus

X 2

ihr doch so viel mit Sicherheit, daß in dem Alaun die Thonerde 3 Mal so viel Sauerstoff als das Kali enthält, und in ihm haben wir also ein Doppelsalz, in welchem der Sauerstoff der einen Basis ein Vielfaches nach einer ganzen Zahl von dem der andern Basis ist.

Da das bei dieser Analyse gefundene Verhältniß zwischen der Thonerde und der Schwefelsäure mit dem bei der Analyse der neutralen schwefelsauren Thonerde gefundenen, so nahe als es nur bei diesen Versuchen zu erwarten ist, übereinstimmt, so kann der Alaun nicht ein saures Salz seyn, sondern er verdankt seine sauren Eigenschaften dem Thonerdesalze, in welchem die Säure so lose gebunden ist, und welches ohnedem hier in so großem Verhältniß gegen das Kali-Salz gegenwärtig ist, daß es beinahe alle seine äußeren Merkmale dem Doppelsalze eindrückt.

Der Alaun und die übrigen Doppelsalze geben uns interessante Beispiele von Vereinigungen mehrerer oxydirten Körper. Das Kali enthält hier die geringste Menge Sauerstoff, und diese muß also für die Sauerstoffmengen der übrigen Bestandtheile der gemeinschaftliche Divisor seyn. Setzen wir den Sauerstoffgehalt des Kali  $= 1$ , so ist der der Thonerde  $= 8$ , der der Schwefelsäure  $= 12$  und der des Wassers  $= 24$ .

Schließlich muß ich bemerken, daß meine Analyse des Alauns von der der Herren Thenard und Roard etwas abweicht. Sie fanden im Alaun

12½ Procent Thonerde, und dagegen nur 16 Procent schwefelfaures Kali \*). Sie arbeiteten mit 489 Gramme Alaun, von dem sie 61 bis 62-Gr. Thonerde erhielten; diese mochten im feuchten Zustande wohl das Volumen von 10 Pfund Wasser einnehmen, und also entweder auf einem sehr grossen oder auf mehreren kleinen Filtris aufgenommen werden; in beiden Fällen war die völlige Auslaugung und die Absonderung vom Papiere grossen Schwierigkeiten unterworfen. Auch ist zu vermuthen, daß die Ausscheidung des schwefelfauren Kali aus der bei dieser Gelegenheit gewonnenen Flüssigkeit durch Zusatz von Kalkerde kein scharfes Resultat geben konnte. Die Verschiedenheit unserer Resultate war daher vielleicht mehr der größern oder geringern Zweckmässigkeit der angewendeten Methoden als dem Experimentator zuzuschreiben. Ueberdies ist es ausgemacht, daß eine zu sehr im Großen angestellte Analyse niemals ein recht scharfes Resultat geben kann; auch scheinen jene Chemiker hier nicht die äußerste Schärfe beabsichtigt zu haben.

\*) Hr. Vauquelin fand bei seinen vergleichenden Analysen verschiedner Arten Alaun (*Ann. de Chimie* t. 50) das Mischungsverhältniß immer dasselbe, und zwar in 100 Theilen 10,5 Th. Thonerde, 10,4 Th. Kali, 30,53 Th. Schwefelsäure und 48,58 Theile Wasser. Die Menge der Schwefelsäure und des Wassers zusammen genommen stimmen mit der Analyse des Hrn. Berzelius sehr nahe überein. Von der Thonerde giebt Vauquelin etwas weniger an, welches seinen Grund vielleicht eben darin hat, warum Hr. Berzelius in seinem ersten Versuche S. 310. zu wenig Thonerde fand.

Gilbert.

*Ein basisches Doppelsalz.*

Es giebt auch basische Doppelsalze; ich habe bis jetzt aber nur ein einziges untersucht, nämlich die in der Pharmacie unter dem Namen *Cuprum ammoniatum* bekannte Verbindung. Um dieses Salz zu bereiten, löste ich schwefelsaures Kupferoxyd in kautilchem Ammoniak auf, schlug das basische Doppelsalz mit Alkohol nieder, wusch es dann mit Alkohol und trocknete es in der Luft. Es ist sehr schwierig, den Augenblick der völligen Austrocknung genau zu beobachten; denn das Salz zersetzt sich auf der Oberfläche, ehe der Alkohol aus dem Innern verflüchtigt worden ist; es wird dann nach und nach himmelblau und auf dem Rande grün. Es läßt sich daher keine ganz genaue Analyse dieses Salzes erhalten; doch wird es nicht schwer seyn, mit Beihülfe der hier entwickelten Gesetze der Verbindungen, die wahre Zusammensetzung desselben aufzufinden, da das Resultat der Analyse nicht sehr weit von der Wahrheit abweichen kann.

Ich entzog einem Antheil dieses Salzes, auf einer erhitzten Sandkapelle, das überschüssige Ammoniak, bis es ganz grau geworden war; es hatte nun 20,33 Procent an Gewicht verloren. Als ich den Versuch in einer kleinen Retorte wiederholte, fand ich, daß sich dabei auch ein wenig Wasser entband. Wenn dieses graue Pulver mit Wasser übergossen wurde, nahm es erst eine hellblaue, und dann, wenn ich es gelind erhitzte, eine



schwarzbraune Farbe an. Dieses rührte unstreitig daher, daß sich das Salz zersetzte, und einen Antheil neutrales Schwefelsaures Ammoniak-Kupfer bildete, wobei erst Kupfer-Hydrat entstand, welches sich dann in der Hitze zerlegte. Die Auflösung hatte eine schwache blaue Farbe und hinterließ 40 Procent Schwefelsaures Ammoniak, mit einer kleinen Menge des Doppelsalzes gemischt. Das unaufgelöste, aus schwarz und grün gemischte Kupferoxyd wog 48,7 Procent. Die erhaltenen Producte wogen also 9 Procent mehr als das angewandte Salz. Dieses hat seinen Grund theils darin, daß das neugebildete Schwefelsaure Ammoniak nicht so viel Wasser, als es zum KrySTALLISIREN braucht, in dem basischen Salze vorfindet, wie wir sogleich sehen werden, und daher eine neue Menge Wasser aufnehmen mußte, theils darin, daß das zugleich entstehende neue Doppelsalz alles KrySTALLWASSER aus dem zugegossenen Wasser aufnehmen muß.

Um die Bestandtheile dieses Salzes bestimmter auszumitteln, löste ich 5 Gramme davon in Wasser auf, sättigte die Auflösung mit Salzsäure und schlug die Schwefelsäure mit salzsaurem Baryt nieder. Der gewaschene und geglühete Niederschlag wog in einem Versuch 4,685, und in einem andern 4,7 Gr., welchen 32,25 Procent Schwefelsäure entsprechen.

Aus der Flüssigkeit wurde der überschüssig zugesetzte Baryt mit Schwefelsaurem Natron niedergeschlagen, und dann die filtrirte Auflösung mit

kohlensaurem Kali gemischt und zur Trockniß abgedampft. Die wiederaufgelöste Masse hatte einen Ueberschuß an Kali, und gab eine grünliche Auflösung; das Kali wurde mit Salzsäure beinahe gesättigt, und das kohlensaure Kupfer auf ein Filtrum aufgenommen, gewaschen, getrocknet und geglüht. Die noch ein wenig alkalische Flüssigkeit gab mit Schwefel - Wasserstoff noch einen kleinen Rückstand von Kupfer, welcher für sich geglühet und mit dem übrigen gewogen, 1,7 Gr. oder  $\frac{3}{4}$  Procent Kupferoxyd gab. Wir finden also in diesem Salze das nämliche Verhältniß zwischen der Säure und dem Kupferoxyd, als im neutralen Kupfer-Vitriol, und es verdankt dem Ammoniak ganz und gar seine basische Eigenschaften. Enthält nun aber dieses Salz eine Menge Ammoniak, welche mit der nämlichen Menge Schwefelsäure für sich ein Neutralsalz darstellen sollte? So glaubte ich anfangs.

Ich mischte, um dieses zu untersuchen, 5 Gr. des nämlichen Salzes, in einer kleinen gewogenen Glasretorte, mit fein geriebenem Kalk, und zerlegte das Salz ganz so, wie ich es bei dem schwefelsauren Ammoniak angeführt habe. Der kleine Apparat hatte 1,32 Gramme an Gewicht verloren, und das Salz muß also 26,4 Procent Ammoniak hergegeben haben. Die nun fehlenden 7,35 Procent müssen Wasser gewesen seyn, und das *Cu-rum ammoniatum* ist also folgendermaßen zusammengesetzt:

Schwefelsäure	32,25
Kupferoxyd	34,00
Ammoniak	26,40
Wasser	7,35
	<hr/> 100,00

Diese Menge Kupferoxyd enthält 6,68, und das Wasser 6,5 Th. Sauerstoff, sie stehn also zu einander in diesem Salze in dem nämlichen Verhältnisse, wie im basischen schwefelläuren Kupferoxyd. Das Ammoniak enthält, 12,424 Th. Sauerstoff, oder beinahe doppelt so viel als jene Bestandtheile; denn wir haben gesehen, daß es nicht möglich ist, dieses Salz im trocknen Zustande darzustellen, ohne daß es ein wenig von seinem Alkali verloren hat, daher es in dieser Analyse zu gering ausfallen muß.

Es ist einleuchtend, daß hier die beiden Basen zusammengenommen *gleiche* Menge Sauerstoff mit der Schwefelsäure enthalten, nämlich das Kupferoxyd ein Drittel und das Ammoniak zwei Drittel von der Sauerstoffmenge der Säure. Dieses Salz ist also, wenn wir die beiden Basen desselben als eine einzige betrachten, gerade so gebildet, als ein einfaches basisches schwefelläures Salz nach der Regel seyn sollte. Die Sauerstoffmengen in diesem Salze lassen sich folgendermaßen ausdrücken: die des Kupferoxyds = 1, des Wassers = 1, des Ammoniaks = 2 und der Schwefelsäure = 3.

Was für eine Veränderung das *Cuprum ammoniatum* während des Verwitterns leidet, ist nicht so leicht zu sagen. Es scheint jedoch, indem es bei

langem Aufbewahren in unvollkommen verschlossenen Gefäßen zu einem himmelblauen Pulver verwittert, die Hälfte des Ammoniaks zu verlieren, da dann die Schwefelsäure zu jeder Basis für sich in dem nämlichen Verhältnisse als im neutralen Salze steht. Durch das Verwittern zu einem grünen Pulver geht noch mehr Ammoniak verloren, und der Rückstand ist eine Mischung von mehr oder weniger (je nachdem das Verwittern in der Hitze oder in der Luft geschehen ist) wasserfreiem neutralem Schwefelsäurem Ammoniak mit basischem Schwefelsäurem Kupferoxyd. Das durch Verwittern in der Hitze gebildete grüne Pulver verträgt eine etwas erhöhte Temperatur, ohne zerlegt zu werden, entbindet dann aber schweflige Säure, schwefligsaures Ammoniak, Wasser und Stickgas, und in der Retorte bleibt eine geschmolzene schwarzbraune Masse zurück, welche, mit Wasser übergossen, neutrales Schwefelsäures Kupferoxyd und rothes Kupferoxydul giebt.

Es ist wahrscheinlich, daß alle andere Säuren mit diesen beiden Basen ähnliche Doppelsalze geben können; diese lassen sich aber nicht alle so leicht darstellen, weil sie in Alkohol auflöslicher sind.

Wenn es erlaubt wäre, auf einem einzigen Beispiel ein allgemeines Resultat zu gründen, so würde ich den Satz aufstellen, daß, wenn eine Säure mit zwei Basen übersättigt wird, die beiden Basen zusammen genommen die nämliche Menge Sauerstoff

enthalten, welche eine einzige Basis, um ein basisches Salz mit der Säure darzustellen, enthalten haben müßte, und daß dabei der Sauerstoff der einen Basis von dem der andern ein Multiplum nach 1, 2, 3 u. s. w. sey.

2. *Doppelsalze aus zwei Säuren, oder Säure-vorstellenden Körpern, und aus einer Basis.*

Diese Salze sind wenig untersucht, und ihre Anzahl scheint sehr gering zu seyn. Die einzigen einigermaßen bewährten Beispiele geben uns die Verbindungen einer Basis mit Schwefel und Schwefel-Wasserstoff, und mit Schwefel und schwefliger Säure. Es ist wahrscheinlich, daß hierbei die beiden electro-positiven Körper den electro-negativen so unter sich theilen, daß sie entweder davon jeder gleiche Theile, oder der eine 2, 3, 4 u. s. f. Mal so viel als der andere aufnehmen.

Ich habe in der Ersten Fortsetzung meiner Abhandlung, bei Untersuchung des Verhaltens des Sauerstoffs der Säuren zu dem der Basen, ein Doppelsalz erwähnt [*Ann. N. F. B. 8. S. 209 f.*], welches aus Salpetersäure, Arseniksäure und Bleioxydul zusammengesetzt ist. Als ich dieses Salz analysiren wollte, fand ich die Bestandtheile desselben unbestimmt variirend, je nachdem die Mutterlauge, woraus es anschoß, mehr oder weniger concentrirt war. Da es überdies durch Auflösung in Wasser zersetzt wird, so scheint es nicht als ein Doppelsalz angesehen werden zu können, und ist vielleicht nur

eine innige Vermengung der Kry stalltheile des salpeterfauren mit denen des arsenikfauren Bleioxyduls.

Ich kann hiervon ein anderes Beyspiel anführen. Ich hatte Auflösungen von salzfaurem Ammoniak und salzfaurem Eisenoxyd gemischt und eingeeengt, und liefs sie kry stallisiren. Das erhaltene Salz war in Würfeln angeschossen und hatte eine schöne rubinrothe Farbe; bei der Analyse fand ich darin nur  $1\frac{1}{3}$  Procent Eisenoxyd. Wenn es in Wasser aufgelöst wurde, verlor es die Farbe, und ich erhielt aus dieser Auflösung erst ein beinahe ungefärbtes, dann ein schwach rothgelbes Salz, welches an verschiedenen Stellen gar nicht, an andern ungleich stark, doch auch da nur rothgelb gefärbt war. Diese dreifache Verbindung ist also mehr für ein Gemisch als für ein Doppelsalz zu nehmen.

---

#### IV. Allgemeine Uebersicht der Resultate meiner Versuche, welche in diesen verschiedenen Abhandlungen beschrieben sind.

##### 1.

*Wenn zwei Körper, welche wir jetzt für einfach halten, sich in mehreren Verhältnissen vereinigen können, so sind diese Verhältnisse, wenn die Menge des negativ-elektrischen Körpers unverändert bleibt, Multipla nach  $1\frac{1}{2}$ , 2, 4 u. s. f. von dem kleinsten Verhältnisse, in welchem der*

positiv-elektrische Körper mit dem negativ-elektrischen verbunden seyn kann \*).

Es deuten aber mehrere Erscheinungen darauf, daß das Multiplum nach  $1\frac{1}{2}$  nur scheinbar ist, und daraus folgt, daß die Verbindung,

\*) Der Sinn, den dieser Satz, nach der Absicht des Hrn. Verfassers, ausdrücken soll, ist folgender: „Gesetzt es können sic zwei Körper, ein negativ-elektrischer  $A$ , und ein positiv-elektrischer  $B$ , nach verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden, z. B.  $m$  Gewichtstheile von  $A$  mit  $n$ , oder mit  $n'$ , oder mit  $n''$ , oder mit  $n'''$  Gewichtstheilen von  $B$ , so stehen die Zahlen  $n, n', n'', n'''$  etc. zu einander in dem Verhältnisse von  $1:1\frac{1}{2}:2:4$  etc., oder  $n$  ist (abgesehen von  $1\frac{1}{2}$ ) ein *altquoter Theil* der übrigen dieser Zahlen, und diese sind *Vielfache nach einer ganzen Zahl*, von  $n$ .“ So z. B. verbinden sich 100 Theile Blei im gelben Oxyde mit 7,7, im rothen mit ungefähr 11,07 und im kirschrothen Oxyde mit ungefähr 15,6 Theilen Sauerstoff, und es verhalten sich ziemlich nahe  $7,7:11,07:15,6 \approx 1:1\frac{1}{2}:2$ . — Wie Hr. Professor Berzelius den Satz ausdrückt, hat er aber für mathematische Leser diesen Sinn nicht, sondern einen gänzlich verschiedenen. Denn wer sich an die Worte hielte, würde glauben, daß der Verf. behaupte, die Verhältnisse  $m:n'$  und  $m:n''$  und  $m:n'''$  wären Vielfache nach  $1\frac{1}{2}$ , 2, 4 von dem Verhältnisse  $m:n$ ; dann aber müßte seyn  $m:n' \approx 1\frac{1}{2}(m:n) \approx \sqrt[3]{m^2}:\sqrt[3]{n^2}$ , und  $m:n'' \approx 2(m:n) \approx m^2:n^2$  und  $m:n''' \approx 4(m:n) \approx m^4:n^4$ , welches ganz etwas anders ist, als zu behaupten beabsichtigt wird. Der Satz wäre also ungefähr so in Worten einzukleiden: „Gesetzt, es können sich von zwei für uns chemisch einfachen Körpern, mit einerlei Menge eines elektrisch-negativen Körpers, verschiedene Mengen eines elektrisch-positiven Körpers vereinigen, so stehen diese letztern zu einander in den Verhältnissen von  $1:1\frac{1}{2}:2:4$  etc.“ oder „so sind diese letztern Vielfache nach  $1\frac{1}{2}$ , 2, 4 etc. von der kleinsten Menge, in der der zweite Körper mit dem erstern verbunden seyn kann.“ In dem Laufe der Abhandlungen habe ich den Ausdruck mehrmals auf diese Art verändert.

Gilbert,

*nach welcher es als Multiplum berechnet worden, nicht das wahre Minimum der Verbindung darstellt, sondern das andere niedrigere Verhältnisse vorhanden sind, nach welchen es ein Multiplum nach 6, 12, 18 u. s. w. seyn kann.* So z. B. enthält die Arsenikläure  $1\frac{1}{2}$  Mal so viel Sauerstoff als die arsenige Säure; allein das schwarze Arsenikoxyd, welches durch Oxydierung des metallischen Arseniks in der Luft entsteht, enthält nur ein Viertel so viel Sauerstoff als die arsenige Säure, und daher ist der Sauerstoff dieser ein Multiplum nach 4, und also der Sauerstoff der Arsenikläure ein Multiplum nach 6 von der Sauerstoffmenge des Arsenikoxyds. Ich habe gezeigt, wie dieses sich auch auf die Säuren des Schwefels anwenden läßt.

Die bis jetzt gefundenen Progressionen sind Multipla nach geraden Zahlen. Die einzige Ausnahme ist die Progression für die Oxyde des Ammoniums, welche, wenn wir von der Möglichkeit absehen, daß der Wasserstoff auch ein Ammoniumoxyd seyn kann, auf folgende unregelmäßige Weise fortschreiten würde: 1,  $1\frac{1}{2}$ , 3,  $4\frac{1}{2}$ , 6,  $7\frac{1}{2}$  \*), wenn wir nämlich die in dem Ammoniak enthaltene Sauerstoffmenge gleich 1 setzen. Wir sehen hieraus, daß diese Progressionsreihe nicht von dem wahren Minimum der Verbindung ausgegangen seyn kann, und daß es niedrigere Oxydations-Stufen des Ammoniums, als den Stickstoff, geben muß, unter denen sich auch

\*) Vergl. Erste Fortsetz. Annal. N. F. B. 8. S. 186.



der Wasserstoff nach aller Wahrscheinlichkeit be-  
findet. Ist dann der Sauerstoff des Stickstoffs von  
dem des Wasserstoffs ein Multiplum nach 6, 12  
oder 18, so wird die angeführte Progressionsreihe  
ganz regelmässig. Noch muß ich bemerken, daß  
diese Reihe von dem Punkte an, wo das Ammo-  
nium seine ursprüngliche electro-chemische Modi-  
fication, um den Stickstoff zu bilden, verändert,  
mit größern Multiplicatoren fortgeht.

*Die Verhältnisse, welche man in zusammen-  
gesetzteren Körpern zwischen den Bestandtheilen  
antrifft, sind alle mit diesen für die einfacheren  
Verbindungen geltenden Gesetzen übereinstim-  
mend; z. B. das Verhalten des Schwefels zum Eisen  
in den Schwefeläuren Eisensalzen.*

## 2.

*Wenn sich zwei oxydirte Körper vereinigen,  
so läßt sich das Verhältniß unter ihnen am leicht-  
esten nach dem Sauerstoff bestimmen, indem der  
Sauerstoff des einen dem des andern entweder  
gleich, oder davon ein Multiplum nach einer  
ganzen Zahl ist.*

Zu diesen Verbindungen gehören:

a. *Salze, oder Verbindungen von Säuren  
mit Basen.* In den neutralen Salzen ist der Sauer-  
stoff der Säure von dem der Basis ein Multiplum  
nach 2, 3 etc. bis 8. In den sauren Salzen kann  
es noch höher gehen. In den basischen Salzen ist  
der Sauerstoff der Säure zuweilen ein Multiplum

von dem der Basis, zuweilen demselben in Menge gleich, und nicht selten auch ein Submultiplum desselben nach einer ganzen Zahl.

b. *Hydrate, oder Verbindungen des Wassers: Erstens: mit Säuren.* In diesen spielt das Wasser ganz die Rolle einer Basis; die Säure nimmt davon zur Sättigung eine Menge auf, welche genau so viel Sauerstoff als eine Salzbasis enthält, von der diese Menge Säure gesättigt wird. Das mit der Säure auf diese Weise verbundene Wasser ist ganz von dem Krytallwasser einiger krytallisirenden Säuren verschieden.

*Zweitens: mit Salzbasen.* Das Wasser spielt hier in so fern die Rolle einer Säure, als es ihre Stelle vertritt, enthält aber nur gleiche Theile Sauerstoff mit der Basis, oder ist zuweilen ein Submultiplum vom Sauerstoff der Basis. Das Krytallwasser in einigen krytallisirenden Hydraten ist ganz von dem mit der Basis, in der Stelle einer Säure verbundenen, verschieden.

c. *Verbindungen von Alkalien, Erden und Metalloxyden, zwei und zwei unter einander.* Obgleich unter meinen Versuchen kein Beispiel einer solchen Verbindung vorkömmt, so läßt sich doch aus den angeführten schliessen, daß auch sie hierher gehören müssen. Denn ob wir die Oxyde von Chromium, Molybdän, Wolframium \*), Tantalum,

\*) Man wird in einem der folgenden Hefte die Gedanken des Hrn. Verf. über die chemische Nomenclatur, und so auch über diesen Namen finden, Gilbert.

Zinn u. f. w. Säure oder Oxyde nennen, muß für die Regel gleichgültig seyn, und was in diesem Fall für das eine Oxyd als Gesetz gilt, muß auch für das andere gelten. Da überdiß solche Verbindungen zweier Basen mit einander den Doppelsalzen mit zweifacher Basis zum Grunde liegen, und da wir in diesen Salzen die hier angeführte Gesetzmäßigkeit wiederfinden, so kann dieses als bewiesen angesehen werden.

*Verbindungen von zwei Säuren* gehören ebenfalls hierher, z. B. die Flußsäure und Boraxsäure, wobei es wahrscheinlich ist, daß die schwächere Säure die Stelle der Basis vertritt.

## 3.

*Wenn sich drei oder mehrere oxydirte Körper mit einander vereinigen, so ist der Sauerstoff desjenigen Körpers, der davon am wenigsten enthält, ein gemeinschaftlicher Divisor für die Sauerstoffgehalte der übrigen, [oder vielmehr ein aliquoter Theil derselben], welche also von dieser geringsten Menge Multipla nach ganzen Zahlen sind.*

Hierher gehören:

a. *Krytallwasser enthaltende Salze.* In den *Neutralsalzen* enthält das Krytallwasser 1, 2, 3, 4, 5 etc., feltner nur  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  etc. Mal, so viel Sauerstoff als die Basis. In *basischen Salzen*, in welchen der Sauerstoff der Säure ein Submultiplum von dem der Basis ist, enthält das Krytallwasser den

Sauerstoff in einem solchen Verhältnisse, daß er ein Multiplum sowohl von dem Sauerstoff der Basis als von dem der Säure ausmacht.

b. *Doppelsalze*. Beispiele von solchen, worin der Sauerstoff der einen Basis dem der andern gleich, oder davon ein Multiplum nach einer ganzen Zahl ist, geben, ersteres die Doppelsalze aus Ammoniak und Magnesia, letzteres der Alaun. Wenn ein solches Salz zugleich Krystallwasser enthält, so ist es eine Verbindung von vier oxydirten Körpern, von dem Wasser, der Säure und den zwei Basen. Der Sauerstoff desjenigen Bestandtheiles, welcher am wenigsten davon enthält, ist ein gemeinschaftlicher Divisor nach einer ganzen Zahl [d. h. ein aliquoter Theil] der Sauerstoffgehalte der übrigen, wie wir im Alaun gesehen haben, wo der Sauerstoff des Kali's in der Thonerde 3 Mal, in der Schwefelsäure 12 Mal und in dem Wasser 24 Mal enthalten ist.

c. *Zusammensetzungen aus mehreren Alkalien, Erden und Metalloxyden*, wozu die *krystallisirten Mineralien* gehören. Obgleich wir zu der Anwendung der Regel auf die *krystallisirten Mineralien* durch keinen Versuch in diesen Abhandlungen berechtigt sind, läßt sich doch die Richtigkeit derselben nicht bezweifeln; denn warum sollte der Marmor, der Flußspath, der Schwerspath u. m. nach einer Regel gebildet seyn, welche für andere Mineralien nicht geltend wäre? Dieses läßt sich nicht wohl denken.

Auf der andern Seite wird diese Regel der *Mineralogie* gewissermaßen eine mathematische Grundlage verschaffen, und den Chemikern, welche sich mit Mineral-Analysen beschäftigen, ein Prüfungsmittel an die Hand geben, sich zu überzeugen, in wiefern ihre Analysen richtig sind; indess ohne ein solches Mittel diese Analysen nimmer zu gehöriger Genauigkeit gebracht werden können. Zwar werden uns nach diesen Ansichten die größte Zahl solcher Analysen, selbst von unsern größten Meistern, nur als Näherungen erscheinen, die in mehreren Fällen vielleicht nicht einmal der Richtigkeit nahe kommen; dieses ist aber der gewöhnliche Gang der menschlichen Arbeiten. Seit Bergmann's, für keine Zeit so meisterhafte Analysen der Salze sind kaum 30 Jahre verflossen, und schon können manche derselben kaum noch für Näherungen gelten. Auch die von mir mit großer Sorgfalt und mit der größten mir möglichen Genauigkeit gemachten Zahlen-Bestimmungen der Mischungs-Verhältnisse der Körper, welche ich in dieser Abhandlung bekannt gemacht habe, werden den zukünftigen Zeiten gewiss nicht Genüge leisten, und man wird sie mit Hülfe der hier entwickelten Gesetze berichtigen und den wahren Verhältnissen näher führen. Doch habe ich das Zutrauen, daß unsere Nachfolger mir die Unvollkommenheiten in meinen Versuchen zu Gute halten werden; wie denn auch die Chemie bei ihren gegenwärtigen Fortschritten des Vielen von Klaproth, Vauquelin und einigen an-

dem geleisteten immer noch mit der größten Hochschätzung gedenken wird, wenn auch die meisten ihrer Analysen sie nicht mehr befriedigen, und zu ihren Forschungen nicht mehr ausreichen können.

## 4.

*Wenn sich endlich mehrere verbrennliche Körper, die für uns einfach sind, mit einander vereinigen, so werden die Proportionen, nach welchen diese Verbindungen möglich sind, durch die Capacität dieser Körper für Sauerstoff bestimmt, indem die Verbindungen so vor sich gehn, dass, wenn man sie bis zu einem gewissen Grade oxydirt, der Sauerstoff, welchen der eine aufnimmt, ein Multiplum nach 1, 2, 3 etc. von dem ist, welcher von dem andern gebunden wird. So z. B. verbinden sich Schwefel, Phosphor und Arsenik mit den Metallen nach einem solchen Verhältniß, daß daraus durch Oxydierung ein Salz entsteht, oder wenigstens der Regel nach möglich ist.*

Das nämliche gilt auch für andere Metall-Verbindungen, welche durch eine chemische Erscheinung, z. B. die KrySTALLISATION, die Hitze u. s. f. von den zusammengeschmolzenen Mischungen abgefondert werden, z. B. für die krySTALLISIRTEN Amalgame, die krySTALLISIRTEN Legierungen, welche zuweilen beim Reinigen anderer Metalle durch Säuren gewonnen werden u. s. w. \*). Wenn eine Ver-

\*) Die nach fast allen Verhältnissen erfolgende Vereinigung der Metalle mit einander beim Zusammenerschmelzen ist mit

bindung aus zwei Metallen, welche beide durchs Oxydiren zu Salzbasen werden, entsteht, so nehmen sie gewöhnlich beim Oxyduliren gleiche Theile Sauerstoff auf. Der Dianenbaum giebt davon ein leicht zu untersuchendes Beispiel. Wenn die Verbindung aus mehrern Metallen zusammengesetzt ist, so können die Multiplicatoren bisweilen sehr groß seyn \*).

*Die Verbindungen etlicher brennbarer Körper mit Oxyden* (z. B. des Schwefels, des Schwefel-Wasserstoffs, des Boracium's, des Tellur-Wasserstoffs mit Alkalien und alkalischen Erden,) gehorchen dem nämlichen Gesetze, als ob sie mit dem metallischen Radical der Alkalien oder Erden ohne Sauerstoff verbunden würden, oder als ob sie, mit Sauerstoff vereinigt, als Säuren und Oxyde mit dem Alkali oder der Erde selbst in Verbindung träten.

der Auflösung der Salze in Wasser analog; diese läßt sich in beinahe allen Verhältnissen bewirken; wenn aber das SalzkrySTALLISIRT, entsteht eine bestimmte gesetzmäßige Verbindung des Salzes mit dem Wasser. So auch, wenn aus einer Mischung von Metallen durch Erniedrigung der Temperatur krySTALLINISCHE Legierungen entstehen, von welchen man die noch flüssige Mischung abgießen kann, ist das KrySTALLISIRTE eine feste und bestimmte Verbindung.

*Berzelius.*

\*) Ich habe neuerlich einige Versuche angestellt, welche diesen Gegenstand betreffen, sie sind aber noch nicht zahlreich genug, und es ist beinahe immer außerordentlich schwierig, diese Verbindungen in einem reinen Zustande zu erhalten, weshalb ich es noch aufschiebe, diese Versuche mitzutheilen.

*Berzelius.*

Wir sind in diesen wenigen Zeilen den Bau der ganzen unorganischen Natur durchlaufen, und haben gesehen, wie er sich auf einige höchst einfache Principien zurückbringen läßt. Der Sauerstoff, der einzige absolute electro-positive Körper in der ganzen Natur, ist überall der Maassstab, nach welchem die Verhältnisse zwischen den Bestandtheilen jeder Verbindung gemessen werden können. Auf diesen gemeinschaftlichen Maassstab beruht der Grund, warum zusammengesetzte Körper, wenn sie sich wechselseitig zerlegen, nie, oder doch nur höchst selten, ein Atom eines ihrer Bestandtheile in freyen Zustand versetzen, und warum z. B. die Neutralsalze einander zersetzen, ohne ihre Neutralität zu stören, warum die Schwefel-Metalle das Wasser zerlegen, ohne daß Wasserstoff frei wird, und dergleichen mehr.

Wie sehr die Chemie durch eine solche Zurückführung auf mathematische Principien an wissenschaftlichem Werth gewinnt, brauche ich hier wohl nicht erst zu erörtern. Doch ist dieses immer nur ein sehr kleiner Schritt zur mathematischen Vervollkommenung der Wissenschaft, und es bedarf des vereinigten und kraftvollen Strebens aller Chemiker nach diesem hohen Ziel, um uns demselben allmählig näher zu bringen.

---



### III.

#### *Resultate aus einer Abhandlung,*

welche

#### *Herr Gay-Lussac über die Verbindungen aus drei Bestandtheilen*

in der Gesellschaft zu Arcueil am 10. Febr. 1811 vor-  
gelesen hat \*).

Herr Gay-Lussac hat in dieser Abhandlung  
Folgendes zu beweisen gesucht:

1) Dafs in den Tripelsalzen [Doppelsalzen] die  
Säure sich gewöhnlich in zwei gleichen Theilen  
zwischen den beiden Basen getheilt findet; dieses  
ist z. B. in den weinsteinfauren und in den salpeter-  
fauren Tripelsalzen der Fall, ferner in den aus

\*) Diese Notiz steht in dem Februarhefte der *Annal. de Chimie*, die Abhandlung selbst wird im 3ten Bande der *Mémoires d'Arcueil* erscheinen. Aus einem Briefe, geschrieben zu Stockholm am 20ten Mai 1811, den ich in dem Junihefte dieser Annalen der Physik (B. 38, S. 127) habe abdrucken lassen, erhellt, dafs Herr Berzelius damals schon die vorstehende Abhandlung vollendet hatte. Ich erhielt sie wenig Wochen später. Es ist nicht wenig interessant, zu sehen, wie zwei geistreiche Forscher, die sich auf ihrem Wege, einander unbewußt, begegnet, zu so verschiedenen Ansichten geführt werden.

Gilbert.

Schwefelsäure mit Ammoniak und Magnesia, oder mit Zink und Ammoniak gebildeten Tripellsalzen, u. s. f.

2) Dafs in den Tripel-Verbindungen die Bestandtheile in einem solchen Verhältnisse vorhanden sind, dafs sie, je zwei und zwei vereinigt, mögliche Verbindungen geben. Wenn man z. B. das salpetersaure Ammoniak, welches aus Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff besteht, in der Hitze zersetzt, so entsteht Wasser und oxydirtes Stickgas, indess von der andern Seite dieses Salz eine Verbindung zweier Körper ist, die jeder aus zwei Bestandtheilen besteht, der Salpetersäure und des Ammoniaks.

3) Dafs die vegetabilischen und thierischen Körper, welche aus drei oder vier verschiednen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, gleichfalls mögliche oder allgemein bekannte Verbindungen zu zweien geben.

4) Dafs es begreiflich wird, wie mehrere Körper, welche einerlei Bestandtheile in einerlei Verhältnisse enthalten, ihrer Natur nach verschieden seyn können, wenn man annimmt, dafs in ihnen Verbindungen aus zwei Elementen unter einander, oder nur mit einem der Elemente, auf verschiedene Weise verbunden sind.

5) Dafs sich desto mehr zusammengesetzte Körper aus einerlei Elementen und gleichen Mengen derselben bestehend denken lassen, je mehrere der Verbindungen aus zweien dieser Elemente möglich sind.

6) Dafs, wenn Salze oder andere Verbindungen neutral sind, obfchon fie aus einer Säure, die Sauerftoff in Ueberfchuß enthält, und einer Basis, die noch verbrennlich ift, befehn, — fich annehmen läßt, die Basis fättige den überfchüffigen Sauerftoff der Säure, und dafs daraus ein Sättigungspunkt entftehe, der fich fehr dazu eigne, die Capacität der verbrennlichen Körper für Sauerftoff zu beftimmen. So z. B. find die Producte der Zerfetzung des falpeterfauren Ammoniaks, welches neutral ift, in der Hitze, Waſſer, das neutral ift, und oxydirtes Stickgas, das alfo gleichfalls neutral feyn muß.

7) Dafs, wenn Salpetergas und Sauerftoffgas fich mit einander zu falpetriger Säure verbinden, fie eine fcheinbare Verdichtung des Volumens erleiden, die genau der Hälfte der Voluminum der beiden Gasarten gleich ift; woraus fich für die falpetrige Säure das fpecifiſche Gewicht 2,10633 ergibt, das der atmofphäriſchen Luft  $\equiv 1$  geſetzt.

## IV.

*Beschreibung des ostindischen Butterbaums und  
Vergleichung desselben mit andern Bäumen  
desselben Geschlechts.*

WILL. ROXBURGH, M. D. \*)

Dieser Baum ist auf den Höhen von *Almorah* \*\*) einheimisch und wird dort von den Einwohnern *Fulwah* oder *Fulwarah* genannt; Hr. Roxburgh giebt ihm den Namen *Bassia butyracea*. Er gehört in Linné's *Polyandria monogynia*, blüht im Januar, und hat im August reifen Saamen, aus dem man eine Art von fester Butter gewinnt. Der *Bassia latifolia*, welche auf der Küste Coromandel wächst, ist er so ähnlich, daß er sich von ihr nur durch die Corolle und die Staubfäden unterscheiden läßt; auch die *Bassia longifolia* und andere dieses Geschlechts haben große Aehnlichkeit mit dem Butterbaume.

Die größten Butterbäume haben einen geraden Stamm von 5 bis 6 Fuß Umfang. An den jungen Zweigen ist die Rinde glatt und braun mit grauen

\*) Ausgezogen aus den *Asiatic Researches* Vol. 8. Gilbert.

\*\*) Almorah ist der Sitz eines kleinen Raja, in den nördlich von Rohilkund gelegenen hindostanischen Gränzdistricten, die ehemals zur Provinz Delhi gehörten, und der Hauptort des ehemaligen Districts Lacnor oder Camau. Gilbert.

Flecken. Die Blätter sind 6 bis 12 Zoll lang und 3 bis 6 Zoll breit, ganz, oval mit stumpfer Spitze, oben glatt, unten haarig, parallel und einfach geädert, und sitzen an Blattstengeln die abwechselnd stehen. Die zahlreichen, grossen, blafs gelben Blüthen hängen an Stielen rund um die Grundfläche der jungen Triebe; haben Kelche mit 4 bis 6 Einschnitten, die von aussen wollig und von Eisenfarbe sind; eine fast cylindrische Corolle von der Länge des Kelches, deren Rand sich in 8 längliche, stumpfe Blättchen ausbreitet, welche länger als der röhrenförmige Theil sind; 40 bis 50 Staubfäden von der Länge der Corolle, welche am Eingange derselben in ihr eingewachsen sind, mit linienförmigen Staubbeuteln, und einen Pistill, der länger als die Staubfäden ist, eine spitze Narbe hat, und auf einen konischen und haarigen Fruchtboden steht, welcher 10 bis 12 Zellen jede zu 1 Korne hat, und von einem wolligen Nectarium in Gestalt eines Ringes umgeben ist. Die Frucht ist länglich, mehrentheils durch einen Ueberrest des Pistills zugespitzt, glatt und fleischig und enthält selten mehr als 1 bis 3 grosse Samenkörner, indem die übrigen nicht reif werden. Die länglichen Saamenkörner sind mehr cylindrisch als abgeplattet, desto gröfser je weniger ihrer in einer Frucht sind, glatt, hellbraun, mit einem hellern Nabelmahl auf der inneren Fläche.

Man benutzt diesen merkwürdigen Baum auf mehrfache Weise:

1) Man schlägt aus der reifen Frucht *Oehl*, welches wie gewöhnliches Brennöl gebraucht wird,

wenn man sich kein Cocosöhl verschaffen kann; es ist dicklicher als dieses letztere, hält sich länger, brennt aber nicht so hell, giebt jedoch weder Rauch noch übeln Geruch. Aus diesem Oele macht man in dem Lande fast alle *Seife* und es wird zu dieser Absicht eben so theuer als das Cocosöhl bezahlt. Das gemeine Volk braucht dieses Oehl statt der Schmelzbutter (*ghee*) und statt des Cocosöhl's an den *Speisen* und *Saucen*; auch macht man daraus Kuchen (*sakey*); und mit diesen Kuchen wäscht man sich den Kopf und verführt sie zu dem Ende. Endlich dient es als ein örtliches *Mittel* in der Krätze und ähnlichen Krankheiten.

2) Das Volk sammelt die Blüthen, wenn sie im May abfallen, trocknet sie an der Sonne, und dörst sie; sie sind dann ein gutes Nahrungsmittel. Auch kocht man aus ihnen ein Gelee, das man in kleinen Kugeln verkauft. Nachtvögel, Eichhörnchen, Eichchsen, Hunde und selbst der Jackal fressen die Blüthen, und das Volk glaubt, der Jackal werde leicht toll wenn er davon zu viel gefressen habe.

3) Die Armen essen die Frucht. Ist sie noch unreif, so zieht man die Haut ab, nimmt den nicht reifen Kern heraus, kocht aus dem übrigen ein Gelee und ist dieses mit Salz und spanischem Pfeffer.

4) Man bedient sich in mehreren Krankheiten der Menschen und der Hausthiere eines Decocts der Blätter dieses Baumes, giebt auch wohl die Milch der noch grünen Frucht und der jungen Rinde ein. Die Rinde des Baums braucht man als ein Mittel in der Krätze.

5) Das Holz ist eben so hart und dauert eben so lange als das Teak-Holz, ist aber schwerer zu bearbeiten, und giebt nicht so lange Balken und Bretter, außer in Thonboden, wo der Baum bedeutend hoch wird, aber nicht so viel Aelle und Früchte als im Sandboden treibt, der ihm zuträglicher ist. Alle Sorgfalt, die der Baum bedarf, ist, daß man ihn während der 2 oder 3 ersten Tage der trocknen Jahreszeit begiesse. Wegen seiner großen Nützlichkeit pflanzt man ihn in Menge auf Sandhügel, wo kein andrer Fruchtbaum fortkommen würde.

Der *Afrikanische Butterbaum* den Mungo Park *Shea* nennt, scheint nach seiner Beschreibung ein Baum derselben Art als der ostindische zu seyn. „Das Volk kocht den Kern der Frucht in Wasser und erhält so eine *Pflanzenbutter*, welche die Consistenz und das äußere Ansehen der wahren Butter hat, sie in jedem Gebrauche ersetzen kann, und nicht nur ein wichtiges Nahrungsmittel für die Einwohner ist, sondern ihnen auch die Stelle des Oehls vertritt, und daher einen wichtigen Handelszweig ausmacht. Diese Butterbäume sollen wild in den Wäldern von Bambarra wachsen, und in ihrer Gestalt der amerikanischen Eiche gleichen, so wie die Frucht (deren an der Sonne getrockneter Kern beim Kochen in Wasser die Butter hergiebt) der spanischen Olive. Der Kern ist von einem süßschmeckenden Fleisch umgeben, das von einer dünnen grünen Haut bedeckt ist, und die Butter, welche er hergiebt, ist nicht nur weißer, fester und nach meinem Geschmack, sagt Park, wohlschmeckender als die beste

thierische Butter die ich je gegessen habe, sondern hat auch den Vorzug sich ungesalzen ein ganzes Jahr lang zu halten, ohne zu verderben. Die Bereitung derselben scheint einer der vornehmsten Industriezweige in diesem Theile von Afrika, und der Handel damit bedeutend zu seyn.“

Aus den gleich mitzutheilenden Nachrichten des Hrn. Gott von dem ostindischen Butterbaume erhellt, daß das Volk das, was nach dem Ausziehen des öhligen Körpers übrig bleibt, isst; es läßt sich daher nicht zweifeln, daß die Pflanzenbutter gesund sey. In verschiednen Theilen Indiens wird auch die Butter der *Bassia latifolia* und der *longifolia* allein oder mit Schmelzbutter (*ghee*) vermischt zu den Speisen gebraucht. Der Kapitän Hardwick gab mir bei seiner Rückreise nach England im J. 1803 etwas von dieser Pflanzenbutter, von der er mir mehr nicht zu sagen wußte, als den indischen Namen, und daß sie aus Almorah komme. Ich wendete mich daher an Herrn Gott, der in der Nachbarschaft wohnt, und von ihm habe ich Blätter, Blüten und Früchte des Baumes aus verschiednen Perioden der Vegetation erhalten. Ich besitze noch die Pflanzenbutter, welche ich im Januar 1803 erhalten hatte, und noch ist sie in Geschmack und Geruch unverändert. Sie schmeckt wie Gewürznäglein, mit denen man sie wahrscheinlich vor dem Abfenden parfümirt hatte. Obgleich das Thermometer jetzt auf 95° F. (28° R.) steht und seit 6 Wochen mehrmals bis über 100° F. gestiegen ist, so bleibt



diese Butter doch so fest als in England die Butter im Winter.

Folgende Nachrichten hat mir Hr. Gott überschickt: „Der Baum, der die unter dem Namen *Phulwah* bekannte Butter hervorbringt, wächst auf den Hügeln von Almorah, wo man ihm denselben Namen giebt, in dem festen Boden an dem südlichen Abhänge der Höhen und ist nicht gemein. Er wird 50 Fuß hoch, und sein Stamm nimmt bis zu 6 Fuß Umfang zu. Die Rinde ist glatt und gefleckt. Im Monat August sammelt man seine Früchte ein, und zieht aus ihnen die Butten. Die Schale der Frucht ist schön kastanienbraun, glatt und zerbrechlich. Beim Oefnen derselben findet man einen Kern von der Größe und Farbe einer Mandel. Man zerflößt diese Mandeln zu einem feinen cremartigen Mus, und thut dieses in einen leinenen Sack, den man mit Gewichten beschwert, bis alles Oel herausgedrückt ist. Dieses Oehl nimmt sogleich die Consistenz des Schweinesfettes und eine helle weiße Farbe an, und selbst wenn man es in der heißesten Jahreszeit am Feuer schmelzt, wird es beim Erkalten wieder fest. Man bedient sich desselben als Heilmittel in Rheumatismen und Gicht mit Erfolg. Die Vornehmen brauchen es, nachdem man es parfümirt hat, als Pommade.“

„Ungeachtet dieser Baum sehr ähnlich ist dem *Mawa* (*Bassia latifolia* oder *Madhuca*) so ist doch das Oehl, welches man aus den Früchten dieses letztern zieht, von jenem wesentlich verschieden; es ist grünlich-gelb, wird selten fest, und macht auf

Wollenzeug Flecke, wie die fetten Oehle, indess reines Phulwah kein Fleckchen darauf zurück läßt. In der Gegend von *Cawnpoor* und *Furrukabad* macht man dieses Oehl aus Mawa in bedeutender Menge und vermischt es mit Schmelzbutter (*ghee*) um es zu verfeilen.“

„Jährlich werden von der Pflanzenbutter 20 bis 30 Maunds gewonnen, und jeder *Maund* zu 14 bis 15 Ruppien verkauft. Als innerliche Arznei braucht man sie nie. Die Bauern, welche die Butter ausziehen, essen das was übrig bleibt. Ich habe seit 10 Monaten eine Menge solcher Butter, und sie hat weder ihre Farbe verändert, noch einen schlechten Geruch angenommen.“

„Wenn diese Butter gehörig ausgezogen ist, so braucht sie nicht weiter gereinigt zu werden. Sonst schmelzt man sie und filtrirt sie durch grobe Leinwand. Wenn die Butter nach Rohilkund kommt, parfümirt man sie mit einem wesentlichen Oehle, *Uts* genannt, und vermengt sie mit etwas Maismehl um sie schwerer zu machen.“

„Die Blüthen des Baums braucht man zu nichts. Einige essen das Fleisch der Frucht; es schmeckt süßlich und fade.“

„Das Holz des Butterbaums ist weiß, zart und porös. Man macht davon im Lande keinen Gebrauch. Es ist fast eben so leicht als das Holz des Baumwollenbaumes *Semul* (*Bombax heptaphyllum*).“

## V.

*Ein Mittel Schiffbrüchige zu retten.*

von

G. CUMBERLAND, Esq.

Seit sechs Jahren bewohne ich einsam das Vorgebirge *Weston super mare* nahe bei der Mündung der Saverne, und habe mich oft ergötzt, die Gestalt und die Wirkung der Wellen zu studiren; Gestalten, die ich für so bestimmt halte, daß sie sich mit Genauigkeit selbst von dem Bildhauer nachbilden lassen. Bei diesen Gelegenheiten habe ich oft ausgedehnte Strecken des unter dem Namen *Tang* bekannten Seegrases, dessen Aelche die Pächter als Düngung brauchen, auf der Oberfläche der furchtbarsten Wellen unter mir schweben gesehen; sie bedecken das Wasser, wie ein grüner Teppich, welcher auf den sich brechenden Wellen auf und ab wogt, ohne untergetaucht zu werden, obgleich sich die Krümmungen die er an der Oberfläche annimmt, beständig verändern. Häufig kamen Vögel angefliegen, die sich darauf mit aller Sicherheit, wie auf festem Rasen setzten.

Die Ansicht dieses natürlichen Flosses, an einer Küste, die so gefährlich ist, daß Schiffe sich ihr kaum bei schwachem Winde zu nähern wagen, brachte mich sehr natürlich auf den Gedanken, ob es nicht

möglich seyn sollte, nach denselben Grundsätzen bieglame Flöße zu bauen, welche statt der Seevögel Menschen trügen. Dazu schien mir mehr nicht nöthig, als daß jeder Matrose eine Matraze von Kork besitze, die durch Taue aneinander zu befestigen wären; eine solche Art von schwimmender Insel würde sich selbst über der Brandung erhalten, und mit ihr ließe es sich überall landen.

Die Abschnitzel des Korks gelten zu Bristol nur 8 Sols, und theils dienen sie zum Verbrennen, theils zu Schanzlücken am Bord von Corfaren. Da man nun Matrazen in den Hängematten nöthig hat, und nichts leichter ist als Kork, der sich ohne Schwierigkeit in dünne elastische Spähne schneiden läßt, so schlage ich vor die Schiffs-Matrazen mit Kork auszustopfen, und zwar mit so viel, daß sie einen Mann zu tragen vermögen. Eine gewisse Menge dieser Matrazen müßte sich mit Stricken zusammenbinden lassen, und würde dann ein sehr großes Floß bilden, auf dem sich so viel Menschen als Matratzen sind, über Wasser erhalten könnten. Alle andere Flöße gehen auseinander, wenn sie wiederholt mit Gewalt gegen die Küste geworfen werden; Schiffer können sich auf ihnen nicht halten, denn so oft sie mit dem Vordertheile untertauchen, kommen Matrosen unter Wasser, und werden zum Theil abgespült; auch sind bei Schiffbruch ihre Trümmern häufig gefährlicher als die Felsen, gegen welche die Wellen sich brechen.

---

VI.

**Vergrabung und Wiederausgrabung von Bergleuten zu Lüttich \*).**

Die Steinkohlengrube *Beaujone* bei Lüttich wurde am 28. Febr. 1812 um 11 Uhr Mittags plötzlich unter Wasser gesetzt. Es arbeiteten darin 126 Mann. Von ihnen fuhren beim ersten Augenblicke des Durchbruchs des Wassers 55 Mann heraus; die übrigen 91 waren in der Grube eingeschlossen \*\*). Die Dampfmaschine und ein Paternosterwerk (*machine à molette*), welche 100 Pferde, die mit einander abwechseln, beschäftigt, wurden sogleich in dem Schachte *Beaujone* in Arbeit gesetzt, und mit beiden war man schon am nächsten Tage des Wassers so Meister geworden, daß es nicht mehr zunahm. Um die Bergleute, welche sich über dem Wasser

Z 2

\*) Nach den öffentlichen Blättern.

*Gilbert.*

\*\*) Wahrscheinlich waren die Arbeiter aus einem alten verlassenen Bau plötzlich hereingebröchen, und die Arbeiter hatten sich, als ihnen der Weg nach dem Fahrsecht durch das Wasser abgeschnitten war, in die höheren Strecken hinauf gerettet, und waren in ihnen über dem Wasser in einem so geräumigen Bau eingeschlossen, daß man für das Erstickten derselben fürs Erste nicht besorgt zu seyn brauchte.

*Gilbert.*

180 Meter tief unter Tage eingeschlossen befanden, zu retten, kam es hauptsächlich darauf an, sich ihnen hörbar zu machen, damit sie den Strecken, die man nach ihnen hin treiben wollte, entgegenarbeiten könnten. Man setzte diese Arbeiter in der Steinkohlengrube *Mamonster* an, fing in ihr an zu sprengen, und hatte das große Vergnügen, sich schon am nächsten Morgen zu vergewissern, daß man gehört worden war; und daß die vergrabenen Bergleute ihre Arbeit gegen den Schacht (*bure*) *Mamonster* zu trieben. Am 20ten um 6 Uhr Abends hatte man schon 12 Meter weit hineingearbeitet, und berechnete, daß man sie nach 48 Stunden würde erreichen können, da man sich eines 10 Meter langen Bergbohrers bediente, um ihnen möglichst bald Luft, und wenn es nöthig wäre, auch Lebensmittel durch das Bohrloch zuzuführen. In der Kohlengrube *Scleffin* waren vor 10 Jahren neun Mann 6 Tage und 6 Nächte lang vergraben gewesen, und hatten sich endlich doch noch durch den Luftschacht gerettet, ohne daß man ihnen von Außen hatte zu Hülfe kommen können.

Am 1. März um 3 Uhr Nachmittags hörte man das Klopfen der eingeschlossenen Bergleute deutlich, und glaubte nur noch 25 bis 30 Meter von ihnen entfernt zu seyn. — Am 2ten fing man im Schachte *Mamonster* noch eine zweite Strecke an, gerade gegen sie hin zu treiben, um sieher zu seyn, sie nicht zu verfehlen; beide Arbeiten wurden aber am 3ten wieder vereinigt, und sie betrieben die

stärksten Bergleute aller Steinkohlengruben. — Am 3ten hatten die Maschinen in 6 Stunden die Wasser 2 Fuß 14 Zoll fallen gemacht. Ungeachtet nun schon 4 Tage verfloßen waren, bewies doch das Klopfen der eingeschlossenen Bergleute, daß sie noch bei Kräften waren; es giebt zuverlässige Beispiele, daß Menschen noch viel länger ohne Nahrung aushalten können \*). In der Nacht auf den 4. März konnte man mit ihnen sprechen und ihre Stimmen unterscheiden; und um Mittag am 4ten wurde der Durchschlag aus dem Schachte Mamonster nach dem Schachte Beaujonc zu Stande gebracht. Das Gleichgewicht, welches sich in dem Augenblick des Durchbrechens in der Luft wieder herstellte, war nur von einem kleinen Knall und von keiner Entzündung begleitet\*\*). Am Abend gelangte man glücklich zu den vergrabenen Bergleuten, hüllte jeden sogleich in eine Decke, gab ihm eine Tasse Fleischbrühe und sehr wenig Wein, und wand sie dann, 5 oder 6 in einem Korbe, von 4 Bergleuten begleitet, zu Tage.

\*) Ein solches erzählte noch vor kurzem der französische *Moniteur* Febr. 1812 von vier Schiffsfleuten, welche auf einem Schiffe, das ausgegrabenen Schlamm aus dem Hafen von Cette in das Meer führen und ausladen sollte, von einem plötzlichen Sturm ergriffen, 7 Tage lang auf der offenen See ohne Essen und Trinken umhergeworfen wurden, bis ein englisches Schiff sie aufnahm. G.

\*\*) Das Wasser, welches in dem Schachte Beaujonc bis zu einer gewissen Höhe stand, mußte nämlich die Luft in den Strecken, in welchen sich die Bergleute befanden, ein wenig comprimiren. G.

Hier wurden sie in eine zweite Decke gehüllt, und sogleich der Hülfe der Aerzte übergeben.

Von den 91 Vergrabenen wurden 69 herausgewunden, und alle, selbst Kinder, deren 15 bis 18 waren, litten weder am Leben noch an der Gesundheit. Die übrigen 22 Bergleute sind, wie es scheint, theils ertrunken, theils mit dem Aufzickkorbe herunter gestürzt; ihre Leichname wurden späterhin gefunden. Dem unermüdeten Wirken des Präfekten von Lüttich, Baron von Micoud, und dem Ingenieur Mignerot hat man die Rettung so vieler nütlicher Bürger und Familienväter vorzüglich zu danken. Hubert Goffin, Schachtmeister der Kohlengrube Beaujone, der am 28. Februar hatte entfliehen können, sich aber zur Rettung seiner Unglücksgefährten aufopferte, deren Arbeiten er dirigitte, kam gleichfalls mit seinem Sohne wohlbehalten wieder hervor, und wurde vom Kaiser von Frankreich mit dem Kreuz der Ehrenlegion geziert.



## VII.

*Zufälle, durch 600 Zentner Quecksilber veranlaßt, welche in den untersten Raum eines Schiffs gelaufen waren,*

Dr. BAIRD, Gener. Med. d. Marine \*).

Gegen Ende März 1810 waren zwei spanische Schiffe an den Küsten von Cadix in einem Sturme untergegangen. Man hatte eine Menge Quecksilber in ledernen Säcken, deren jeder 50 Pfund enthielt, aus dem Schiffbruch gerettet. Das englische Kriegsschiff, der Triumph, nahm 1200 solcher Säcke, die 60000 Pfund Quecksilber enthielten und mit Salzwasser durchzogen waren, in dem folgenden Monate in sich auf; sie wurden in den für den Zwieback bestimmten Raum gebracht, aber schon nach 14 Tagen waren die nassen Säcke vermodert, und das Quecksilber lief aus ihnen aus. Man suchte das Quecksilber so gut zusammen als man konnte, es war aber vieles in Theile des Schiffs gedrungen, zu denen man keinen Zugang hatte.

In dem untersten Raume des Schiffs stand damals etwas Wasser, das einen unerträglichen Geruch hatte. Der erste Gehülfe des Zimmermanns, der sondiren wollte, wie hoch es in der Schiffspumpe stand, wäre fast erstickt worden. Das Gas, welches

\*) Nicholson's *Journal of nat. philos.* No. 122. G.

aus dem verdorbenen Wasser entweicht, schwärzt sonst alle Metalle im Schiffe; nach diesem Unfall wurden dagegen alle Metalle mit einer Lage Quecksilber überzogen, und alle Matrosen und Officiere des Schiffs, über 200 an der Zahl, bekamen einen heftigen Speichelfluß. Das Schiff wurde nach Gibraltar geschickt, und völlig ausgeladen; man säuberte den Raum und schaffte alles Quecksilber, das sich noch fand, heraus; doch blieben noch ungefähr 20000 Pfund in den untern Theilen verborgen, die man nicht anders wird fortchaffen können, als wenn man das Schiff umlegt und die Verkleidung längs des Kiels fortnimmt. Seitdem man den Raum gereinigt und die Luft in diesem Theile des Schiffs erneuert hat, sind die schädlichen Wirkungen des Quecksilbers verschwunden.

Das stinkende Gas rührte von der faulenden Zersetzung des nassen Leders her. Die thierischen Theile enthalten immer Schwefel und Phosphor, und es bildete sich Schwefel-Wasserstoffgas, vielleicht auch Phosphor-Wasserstoffgas, deren erstickende und tödliche Wirkungen bekannt sind. Auch weiß man, daß Schwefel-Wasserstoffgas die Metalle, besonders das Silber, bis in bedeutende Entfernungen schwarz macht. Wahrscheinlich kann sich Quecksilber in der gewöhnlichen Temperatur des Schiffs mit diesen Gasarten verflüchtigen, indem es sich in ihnen entweder auflöst oder ihnen mechanisch beimengt, und dadurch entstanden die besondern Wirkungen in diesem Fall.

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

JAHRGANG 1812, VIERTES STUCK.

---

## I.

*Untersuchungen  
über die Erscheinungen und die Ursachen des  
Winterschlafs einiger Säugthiere.*

von

PRÜNELLE,

Prof. der Medic. zu Montpellier.

Abgekürzt und frei dargestellt von Gilbert \*).

Sehr viele Thiere bringen den Winter über in einer Art von Betäubung zu, während welcher fast alle ihre Functionen aufgehoben sind. Die höch-

\*) Diese Abhandlung lief bei dem französ. Institute ein, als es sich mit der Beurtheilung der Schriften beschäftigte, welche sich um den über diesen Gegenstand ausgesetzten Preis bewarben, und wurde am 28. Dec. 1807 in dem Institute vorgelesen, erscheint aber erst jetzt im Druck, in dem *Museum d'hist. natur.* t. 18. Es giebt über lebende Wesen noch wenige so genaue Versuche und Beobachtungen; die ganze Art, wie sie angestellt sind, giebt ihnen gegründete Ansprüche auf eine Stelle in den Annalen der Physik. *Gilbert.*

sten Grade einer solchen Betäubung findet man bei den Insekten, den Mollusken, den Schlangen und den eyerlegenden vierfüßigen Thieren. Sie scheint im Verhältniß der Intensität der Kälte zu stehn. Die Arten, welche die heiße Zone bewohnen, sind ihr nicht unterworfen, sondern leiden sie erst, wenn sie in kältere Klimate versetzt werden. Während dieser Betäubung behalten sie fast nichts vom Thiere als die Gestalt; die wichtigsten Functionen des Lebens sind unterbrochen; das Athmen scheint aufgehoben zu seyn; sie bleiben ohne Nahrung und ihr Körper verliert fast nichts. Der Blutumlauf ist in allen diesen Thieren sehr langsam, ihre Respirationsorgane sind wenig entwickelt, sie haben nur wenig Blut, und kaum übersteigt ihre Lebenswärme die Temperatur der Luft; daraus erklärt sich, wie das Athmen, das in ihnen immer sehr unregelmäßig ist, lange Zeit ganz unterbrochen seyn und der Magen ohne Nahrung bleiben kann, ohne daß sie dadurch zu leiden scheinen.

Keiner dieser Umstände findet Statt in den Fischen, und noch weniger in den Säugethieren, welche einen Winterschlaf halten. Daß auch bei den Fischen, welche oft 6 bis 7 Monat unter einer Fußdicken Eisdecke und einer eben so dicken Decke gefrorenen Schnee's hinbringen, ein ähnlicher Zustand der Betäubung während des Winters eintreten muß, fällt von selbst in die Augen; denn sonst würde die in dem Wasser enthaltene Luft, welche sie in ihren Kiemen auspressen, unter diesen Umständen zu

ihrem Athmen nicht zureichen. Auch sieht man in Bassins, deren Oberfläche mit dünnem Eise bedeckt ist, selbst wenn die Luft auf 7° der Centesim. Skale steht, die Fische am Grunde unbeweglich und wie unempfindlich. Ferner ist es bekannt, daß man in Rußland und in Nordamerika Fische, welche die Kälte starr wie ein Stück Holz gemacht hat, große Strecken weit fortbringt; setzt man sie in Wasser, so leben sie wieder auf. Endlich erzählt Fabricius, daß in Grönland der Flußlachs im Schlamm überwintert, in welchem er wie verhärtet ist. Offenbar ist dieser Zustand der Fische kein andrer, als der der Winterbetäubung; wären die Fische so lange Zeit über starr gefroren, so könnten sie unmöglich in das Leben zurückkommen.

Ganz eine andere Bewandniß hat es mit den Säugethieren, welche den Winterschlaf halten. Von diesen sind die einzigen, welche das ebne Land bewohnen, der *Igel*, die *Fledermaus*, die *Waldmaus* (*loir*), die *Eichelmäus* (*lerot*), die *Haselmaus* (*muscardin*) und der *Hamster*. Das *Murmelthier* (*arctomys marmotta*), welches von allen den längsten Winterschlaf hält, ist nur Bewohner der höchsten und unzugänglichsten Berge in den Alpen, und hält sich in Thälern und unter senkrechten Felsenwänden, meist an deren Süd- oder Ostseite auf, wo der Boden oft bis Ende May mit Schnee bedeckt ist, und wo im Sommer die Alpenpflanzen wachsen, von denen es sich vorzüglich zu nähren

scheint \*). Hier lebt es in Gesellschaft oder Familienweise. Ende Septembers ziehn die Murmelthiere sich in ihre unterirdischen Wohnungen zurück, um den Winterschlaf zu halten, und verlassen diese erst wieder Ende Aprils. Ihre Wohnungen bestehen aus einer engen 6 bis 7 Fuß senkrecht herabgehenden, und dann 36 bis 45 Fuß nach horizontaler Richtung fortgehenden Röhre, welche sich hinten in einer viel geräumigern Höhle erweitert, und deren Eingang sie sorgfältig mit Thon, Sand, Gras und Steinen verschließen, sobald sie ihre Höhle bezogen haben. Die Temperatur scheint in ihr immer auf  $7\frac{1}{2}$  bis  $8\frac{1}{4}^{\circ}$  C. zu bleiben; in Sibirien graben sie sich, um diese zu erreichen, nach Pallas Bemerkung, bis in Tiefen von 20 und mehr Fuß ein. In dieser Höhle halten sie ihren Winterschlaf in Heu vergraben, eins dicht am andern liegend, und kugelförmig zusammengerollt, den Kopf mit den Hinterfüßen bedeckt. In diesem Zustande des Monatslang anhaltenden Schlags ist ihr Körper steif und nicht wärmer als die ihn umgebenden Körper; sie scheinen ganz ohne Leben zu seyn, und wenn man sie vor Luft und Wärme verwahrt, so lassen sie sich fortbringen, ohne sich zu rühren. Sie sind dann selbst so unempfindlich, daß man sie 4 Fuß tief fallen lassen, oder wie eine Kugel fortrollen kann, ohne daß sie völlig erwachen. Hr. Prünelle er-

\*) *Alchemilla alpina*, *Rumex digynus*, *Antirrhinum alpinum*, *Trifolium alpinum*, *Aster alpinus*, *Phellandrium mutellina*, und *Plantago alpina*.

hielt im November 1806 von den Alpen eine Kiste mit zehn schlafenden und erstarrten, in Heu, wie schlechte Mineralien, eingewickelten Murmelthieren; sie war 10 Tage lang unterwegs gewesen und kam mit der Diligence an; die Thiere lagen noch in ihrer Erstarrung und hatten nichts gelitten. In dem Herbst sind sie erstaunend fett, im Frühjahr dagegen, wenn sie ihre Löcher verlassen, außerordentlich mager. Ein Murmelthier, das 2 Monate geschlafen hatte und 3400 Gramme wog, hatte noch 489 Gramme Fett. Ein andres, das am 29. Febr. 1468 Gr. gewogen hatte und eingeschlafen war, hatte bis am 12. April 90 Gr. an Gewicht verloren. Wenn die Murmelthiere am Ende April oder Anfang Mai ihre Höhle verlassen, ist es in der Regel sehr viel kälter, als da sie sie bezogen, und sie müssen sich durch den Schnee hervorgraben. Sie ziehn sich dann in den mittlern Theil der Berge herunter, um Nahrung zu suchen, und liegen dort die Alpenwiesen noch unter Schnee, so kommen sie vor Hunger um. Will man sie in ihrem Winterfchlafe überraschen und ausgraben, so kömmt alles darauf an, daß man die Berührung der frischen und kalten Luft von ihnen abhält; denn sonst erwachen sie, und graben sich mit solcher Geschwindigkeit tiefer ein, daß es schwer hält, sie zu fangen \*). Herr Prü-

\*) Jung, im Juni und Juli gefangene Murmelthiere werden leicht zahm; in den Thälern am Mont Cenis findet man sie bei den Bauern sehr häufig als ein Hausthier. In diesem Zustande der Knechtschaft werden sie nie sehr fett, und

nelle hat mit Marmelthieren die mehren und die interessantesten Versuche angestellt, von denen ich die belehrendsten hierher setze.

Während des wachenden Zustands ist ihre Lebenswärme in allen Temperaturen (welche Herr Prünelle von  $+12\frac{1}{2}$  bis  $-17\frac{1}{2}^{\circ}$  C. veränderte) beständig  $37\frac{3}{4}^{\circ}$  C., wie er mittelst Thermometer fand, deren Kugeln er etwas mit Fett bestrichen in den Anus des Thiers hineingebracht hatte, und die meist in 7 Minuten auf diese Temperatur kamen und darauf stehn blieben. Sie erreichen diese Temperatur im Sinken, wenn man sie zuvor auf eine höhere gebracht hat, schneller als im Steigen. — Die erstarrten Marmelthiere zeigten sehr verschiedene Wärmen; die, welche in dem allertiefsten Schlafe liegen, eine Lebenswärme von 5 bis  $12^{\circ}$ ; sie sind dann wie gefroren, und zeigen keine Bewegung des Athmens. Die, welche  $17$  bis  $18^{\circ}$  Lebenswärme zeigen, fühlen sich warm an, athmen sichtbar, sind aber auch dem Erwachen nahe. Bei  $20^{\circ}$  Lebenswärme fangen sie an zu schnarchen, bei  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  C. rühren sie sich und werfen sich hin und her, und

wenn sie Winterschlaf halten, dauert er nie lange, und sie erwachen oft, um Nahrung zu nehmen. Vor dem Einschlafen machen sie sich eine Art von Nest aus Stroh, Lappen, und was sie sonst vorfinden. Im October und November gefangne Marmelthiere kommen dagegen wie die im Freyen lebenden in den Winterschlaf, während die andern zahmen noch völlig munter bleiben; um sie den ganzen Winter über darin zu erhalten, trägt man sie dann in die Keller, und thut sie in Kasten voll Heu, auf die man den Deckel aufnagelt.



bei 25° fangen sie an zu gehn. Treibt man sie dann ein wenig an, so vergeht keine Stunde, und die volle Lebenswärme des wachenden Zustandes ist wieder da. Herr Prünelle legte in dem Hospiz des Mont-Cenis ein schlafendes Murmelthier, das 61° Lebenswärme zeigte, auf einen thönernen Ofen, auf dem ein daneben gestelltes Thermometer 23½° der Centesimalfalkale zeigte. Binnen 30 Minuten stieg das Thermometer im Anus des Thiers auf 30°, und war das Murmelthier vollkommen erwacht. Man brauchte es aber nur einige Stunden in der Kammer zu lassen, in der es eingeschlafen war, und welche eine Temperatur von 3½° C. hatte, so fand man es wieder erstarrt. Und dieses geschieht immer, wenn das Thier durch ein Reizmittel aus seiner Erstarrung erweckt wird, welches nicht fort-dauernd wirkt.

Ein schlafendes Murmelthier mit einem Thermometer im Anus, wurde in ein Berthollet'sches Manometer, das 21 Litre faßte, und worin Gefäße mit Kalkwasser und ätzendem Kali standen, gelegt. Nach 22 Stunden hatte sich die Wärme des Thiers nicht verändert, die atmosphärische Luft aber 9,16 Procent Sauerstoff verloren; nach 26 St. lebte es noch, und hatte sich nicht verändert; nach 39 Stunden war aber das Thier gestorben, und zwar schien es zuvor aufgewacht zu seyn, da das Thermometer zerbrochen war. Es schien aller Sauerstoff der Luft verzehrt zu seyn; kohlen-saurer Kalk war in Menge entstanden.

Ein lebhaftes Murmelthier, das bei  $+ 10^{\circ}$  C. Luftwärme in ein Glas eingesperrt wurde, welches mit Eis und salzsaurem Kalk umlegt war, schien während der ersten Viertelstunde etwas betäubt zu seyn, dann aber schüttelte es sich und äußerte sein Misbehagen durch Pfeifen. Als es nach 10 Stunden herausgenommen wurde, war es äußerst schwach, und starb nach 2 Tagen. Ein bei  $11\frac{1}{4}^{\circ}$  Lebenswärme schlafendes Murmelthier wurde demselben Versuch unterworfen; es erwachte zusehends und war nach 5 Viertelstunden völlig wach; starb aber auch nach einigen Tagen. Hr. Prünelle schließt aus diesem Versuche, daß die Kälte nicht die Ursache der Erstarrung seyn könne, wie man das allgemein glaubte.

Dasselbe bestätigten Versuche am Mont-Cenis. Ein bei  $6^{\circ},7$  Lebenswärme schlafendes Murmelthier, das er am 5. März bei  $- 10^{\circ}$  Kälte zwischen Heu auf den Schnee gelegt hatte, war nach  $1\frac{1}{2}$  Stunde völlig erwacht; um Mitternacht war es todt und gefroren. Herr Prünelle wiederholte diesen Versuch mit demselben Erfolg mit einem in einem fest vernagelten Kasten befindlichen Murmelthiere. Sollen Murmelthiere schlafend bleiben, so muß man sie an Orten aufheben, deren Temperatur über  $0^{\circ}$  steigt. In  $- 4^{\circ}$  C. Kälte erwachen sie nach 1 oder höchstens nach 2 Tagen, auch wenn sie gegen den Luftzug geschützt sind. Im Luftzuge erwachen sie in jeder Temperatur. Etwas Aehnliches zeigt sich selbst bei den Menschen, die in eingeschlossener Luft

leben; sie haben die größte Neigung zum Schlafen, weil ihnen der reizende Einfluss der frischen Luft auf Haut und Lungen entgeht.

Murmelthiere, die bei  $11^{\circ}$  und  $6\frac{1}{2}^{\circ}$  Lebenswärme schliefen, wurden durch sogenanntes Riechsalz, welches Ammoniak aushaucht, das unter ihren Nasenlöchern stand, langsam, doch nicht völlig aufgeweckt.

Zweien bei  $11$  und  $13\frac{1}{4}^{\circ}$  Lebenswärme schlafenden Murmelthieren wurde ein *elektrisches* Bad gegeben; die Maschine mochte indess noch so stark seyn,, es ließ sich nicht ein Funke aus der ganzen Oberfläche des Thieres ziehn. Hr. Prünelle näherte darauf das Thier dem Leiter der Maschine und ließ eine Menge Funken auf dasselbe schlagen, aber nicht die geringste Sensibilität schien sich zu entwickeln. Endlich gab er jedem der schlafenden Murmelthiere zwei ziemlich starke Schläge mit der Leydner Flasche; der erste war ohne bestimmte Wirkung; beim zweiten dehnte sich das Thier etwas und öffnete die Augen, erwachte aber nicht völlig, und nach 4 Stunden schlief es wieder so fest, als wäre nichts vorgegangen.

Ausnehmend viel größer ist die Einwirkung der *Volta'schen Säule* auf das schlafende Murmelthier. Eine Säule aus 12 Paar Platten von 4 Zoll Durchmesser wurde mittelst Messingdrähten, die sich in Messingknöpfen endigten, mit einem Murmelthiere in Verbindung gesetzt, das bei  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  Lebenswärme in einer Celler der Abtey des Mont-Genis,

wo das Thermometer auf  $+5^{\circ}$  stand, im Winter-  
schlaf lag. Die Säule stand schon eine Stunde; als  
Hr. Prünelle mit den Drähten sein Zahnfleisch  
berührte, empfand er noch eine Art von Schlag. Er  
tauchte nun die Knöpfe in Kochsalzwasser und  
brachte sie in das Maul des in einem Korbe in sei-  
ner schlafenden Stellung liegenden Murmelthiers.  
Fast in demselben Augenblick wurde die Respiration  
merkbar, nach 3 Minuten bewegte und schüttelte  
sich das Thier, nach 8 Minuten öffnete es die Au-  
gen, und war die Wärme schon in den Extremitäten  
zu spüren, und in nicht vollen 15 Minuten war die  
ganze Lebenswärme des Thiers wieder erschienen. —  
Ein zweites bei  $9^{\circ}$  Lebenswärme schlafendes Mur-  
melthier wurde in 10 Minuten auf dieselbe Art  
völlig aufgeweckt.

*Verwundung.* selbst bedeutende, wirkt lange  
nicht so schnell. Hr. Prünelle stellte mit einem  
bei  $6\frac{1}{2}^{\circ}$  Lebenswärme schlafenden Murmelthier in  
einer Luftwärme von  $4^{\circ}$  folgenden Versuch an.  
Er machte einen Einschnitt in die Haut nach der  
ganzen Länge des Schenkels, und entblöste die Ar-  
terie. Die vielen kleinen arteriellen und venösen  
Gefäße, welche er durchschneiden mußte, gaben nur  
sehr wenig Blut, und dieses schien in allen von ziemlich  
gleicher Farbe zu seyn. Er unterband darauf die  
Pulsader an zwei Stellen, die 1 Zoll weit von ein-  
ander entfernt waren, und zog die untere Unter-  
bindung zusammen, um ein Anschwellen der Ge-  
fäße hervorzubringen; dieses war indess nach 2 Mi-

nuten noch sehr wenig merklich. Darauf durchschnitt er die Arterie mit Einem Schnitte über der zusammengezogenen Unterbindung. Noch immer war das Thier erstarrt, obgleich die Operation schon 6 Minuten dauerte, und es fing erst an aufzuwachen, als das Blut, welches während der ersten Secunde sehr langsam aus dem durchschnittenen Gefäße hervordrang, etwas dicker floss. Er liefs es 2 Minuten lang laufen, ehe er die zweite Unterbindung zusammenzog. Das Blut war zwar minder schwarz als das venöse, aber viel minder roth als das gewöhnliche arterielle Blut. Nach 35 Minuten seit Anfang der Operation war das Murrelthier völlig erwacht und die gewöhnliche Lebenswärme in allen Gliedern wieder erschienen; und als nun die Arterie aufs neue geöffnet wurde, sprang das Blut mit aller Gewalt und mit der gewöhnlichen Farbe des arteriellen Bluts hervor. Das Thier starb darauf nach wenigen Augenblicken.

Um über den Zustand der Sensibilität der Thiere im Winter Schlaf ins Reine zu kommen, mußte man Körper, die unmittelbar auf das Nervensystem wirken, wie Scammonium, Opium u. dgl. auf sie einwirken lassen, schlafend und wachend.

Hr. Prünelle fand, dafs in einem wachenden ganz zahmen Murrelthiere das Herz 90 Schläge in einer Minute machte. Im Winter Schläfe macht es dagegen während dieser Zeit nur 8 bis 10 Schläge, die nicht gleiche Abstände haben, und in der Cru-ral-Arterie sich nicht anders wahrnehmen lassen,

als wenn sie entblößt ist. Bei einem Murmelthier im Winterschlafe, dessen Lebenswärme unter  $12\frac{1}{2}^{\circ}$  C. ist, ist es unmöglich, das Athemholen zu sehn; dieses wird erst bei  $15^{\circ}$  Lebenswärme bemerkbar, und gleichförmig und anhaltend erst bei  $22^{\circ}$ . In niedrer Wärme zählt man manchmal 3 bis 5 Athemzüge in 1 Minute, und dann geht wieder 1 Minute ohne Athemzug hin. — „Was die Producte der Respiration betrifft, sagt Hr. Prünelle, so sind sie nach Verschiedenheit der Umstände, in denen sich das Thier befindet, so verschieden, daß sich schwerlich zu genauen Resultaten über sie gelangen läßt.

Hr. Prünelle that ein bei  $8\frac{1}{2}^{\circ}$  Lebenswärme schlafendes Murmelthier in ein Manometer, das 50 Litre faßte, und entband darin kohlensaures Gas aus Kreide und Schwefelsäure. Nach 13 Minuten zeigten sich in dem Murmelthiere einige convulsivische Bewegungen, und als er den Apparat sogleich auseinander nahm, fand er es todt.

Ein schlafendes Murmelthier, das in einen Recipienten gebracht wurde, worin 20 Litre Sauerstoffgas und 10 Litre atmosphärische Luft enthalten waren, athmete nach  $4\frac{1}{2}$  Stunden sichtlich, und war nach  $6\frac{1}{4}$  St. völlig erwacht.

Ein bei  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  Lebenswärme schlafendes Murmelthier wurde in das vorige Manometer, welches 50 Litre faßte, bei einer Temperatur von  $5^{\circ}$  gebracht. Binnen 40 Stunden veränderte es seine Wärme nicht; die Luft im Manometer aber nahm an Sauer-

stoffgas allmählig, doch sehr langsam ab. Nachdem sie durch Wafchen vom kohlenfauren Gas befreit war, enthielt sie, nach 10 St. untersucht, 19,63 Theile Sauerstoffgas, hatte also nur 1,37 Th. Sauerstoffgas auf 100 Theile Luft verloren, daher das Thier in diesen 10 Stunden nicht mehr als 0,22 Litre von den anfänglich vorhandnen 12,5 Litres Sauerstoffgas verzehrt hatte. Nach 20 Stunden war der Sauerstoffgehalt in 100 Theilen der Luft 17, nach 40 Stunden 14,8, und nach 60 Stunden noch 12,44 \*). Die Lebenswärme war nun auf 8° gestiegen, und an den Bauchmuskeln wurde das unmerkliche Athemholen sichtbar. Um das Thier nicht zu tödten, wurde nun der Versuch unterbrochen. — Ein bei 15° Lebenswärme schlafendes Murmelthier hatte in einem ganz ähnlichen Manometer nach 10 Stunden auf 100 Th. Luft 2,9 Th. Sauerstoffgas, also mehr als doppelt so viel als das erste verzehrt, und nach 20 St. enthielt die Luft nur noch 11,54 Th. Sauerstoffgas in 100 Theilen; die Wärme des Thiers war aber auf 17½° gestiegen, und da das Murmelthier sehr ermattet zu seyn schien, so wurde der Versuch hier beendigt.

Herr Prünelle setzte in dasselbe Manometer ein mit 7° Lebenswärme schlafendes Murmelthier, dem er die Enden zweier isolirt durch die Deckplatte

\*) Hr. Prünelle, der zu Arcueil bei Hrn. Berthollet gelebt hat, bediente sich zu den eudiometrischen Versuchen des Volta'schen Eudiometers nach den Vorschriften der HH. von Humboldt und Gay-Lussac.

des Manometers gehenden Messingdrähte in das Maul gab. Nach 5 Stunden enthielten 100 Theile der Luft des Manometers noch 20,4 Theile Sauerstoffgas. Er setzte nun die Drähte mit den Enden einer Säule aus 8 Plattenpaaren Zink und Kupfer in Berührung. Aus dem frühern Versuche dieser Art war zu erwarten, daß, sobald die Wirkbarkeit der Nerven des schlaftrunkenen Thiers durch die galvanische Elektricität angefaßt würde, die Respiration und die Lebenswärme in demselben Verhältnisse als die Sensibilität steigen würden. In der That stieg das im After befindliche Thermometer in 6 Minuten von 7 bis 15°, und die Luft hatte noch 19½ Th. Sauerstoffgas in 100 Theilen. Die Säule wirkte indess zu stark, das Murmelthier bewegte sich hin und her und zerbrach das Thermometer.

Wenigstens erhellt aus diesen Versuchen so viel, daß die Lebenswärme des erstarrten Thiers der Menge von Sauerstoffgas, welche es in einer gegebenen Zeit verzehrt, direct proportional ist, ist gleich durch sie das Verhältniß zwischen der Lebenswärme und der Acceleration der Respiration bei wiedererwachender Sensibilität noch nicht ganz aufgeklärt. Die Lebenswärme der beiden Murmelthiere in dem vorhin beschriebenen Versuche war 7½ und 15°, und die Menge des Sauerstoffgas, die sie bei einerlei Volumen der Luft in 10 Stunden verzehrten, 1,37 und 2,9, in 20 Stunden 4 und 9,66 Procent, und diese Mengen sind einander sehr nahe proportional.



Bei allen den Winterschlaf haltenden Thieren bedarf es in den ersten Tagen ihres Schlafs keiner so starken Reizmittel, um sie aufzuwecken, als späterhin. In den 10 bis 12 ersten Tagen reicht bloßes Schreien hin, die Murmelthiere zum Erwachen zu bringen. Nach 4 Monaten hat dieser Zustand der Betäubung in der Regel sein *Maximum* erreicht und nimmt dann allmählig bis zum Erwachen des Thiers wieder ab.

„Der Professor Mangili in Pavia beschäftigte sich, sagt Hr. Prünelle, seit langer Zeit mit Untersuchungen über den Winterschlaf der Thiere; ohne daß wir uns unsere Arbeiten mitgetheilt haben, sind wir in mehreren Punkten zusammen getroffen. Er hat seine Beobachtungen herausgegeben, und ich brauche sie daher nicht zur Unterstützung der meinigen anzuführen. Mit den vor kurzem von Hrn. Senebier bekannt gemachten Beobachtungen Spallanzani's ist es etwas anders \*). „Es scheint mir, man könne überhaupt „nur wenig Zutrauen zu den Versuchen haben, „welche dieser Naturforscher ankündigt, ehe sie „von andern Beobachtern bestätigt worden sind; „eine Behauptung, welche für die auffallend seyn „wird, denen der Abt Spallanzani nicht persönlich bekannt war, und denen die Art unbe-

\*) Hr. Cuvier hatte in seiner Geschichte der Fortschritte der physikalischen Wissenschaften seit 1789 auf die Arbeit des Hrn. Prünelle, als eine Ergänzung derer Spallanzani's und Mangili's, aufmerksam gemacht.

„kannt ist, wie er seine Versuche anstellte. Ich  
 „habe mich mehrere Monate lang damit beschäftigt,  
 „alles, was er über die Respiration der verschiedenen  
 „Schneckenarten (*helix*) und über die Einwirkung  
 „sagt, welche das Thier nach dem Tode auf die  
 „atmosphärische Luft, selbst und durch seine Hülle,  
 „hat, zu wiederholen, und fast immer habe ich  
 „entgegengesetzte Resultate als die erhalten, welche  
 „er ankündigt, und dabei habe ich viel genauer  
 „operirt, als zu seiner Zeit möglich war.“

\*

\*

Auch der *Igel* (*erinaceus europaeus*) hält einen Winter Schlaf, dieser ist aber nicht von sehr langer Dauer. In den Wäldern, in welchen sich Igel aufhalten, sieht man sie nicht mehr, sobald die Temperatur bis  $3\frac{1}{2}$  oder  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  C. herab kömmt, und sie kommen erst mit den ersten schönen Frühlingstagen und so oft die Wärme auf 15 bis  $17^{\circ}$  steigt, zum Vorschein. Sie laufen dann unter den Bäumen umher und suchen nach Nahrung. Ihr Winter Schlaf dauert also nicht ohne Unterbrechung. Auch tragen sie sich Vorrath in ihren Löchern zusammen, um ihn bei dem Wiedererwachen zu verzehren, wenn der Hunger sie verhindert heraus zu kriechen, und diesen Vorrath erneuern sie mehrmals während der Winterzeit. Thermometer in die Mundhöhle eines wachenden Igels gesteckt, steigen immer auf  $35^{\circ}$  C., stehn hier aber wegen des Athmens um  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  unter der wahren Lebenswärme. Zu Versuchen sind die Igel

wenig geschickt, wegen ihres zu zärtlichen Lebens. Hr. Prünelle hatte nur Einen wirklich erstarrten; er machte in einen Muskel der Brust desselben einen Einschnitt, und brachte ein Thermometer in die Wunde; es zeigte  $10^{\circ}$  C., während die Luftwärme  $14^{\circ}$  war. Elf Minuten darauf lag das Thier an zu erwachen, ohne Zweifel durch den Schmerz, den die Wunde demselben machte, und das in der Wunde befindliche Thermometer lag in 14 Minuten auf  $36\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Einige Tage vorher hatte Hr. Prünelle denselben Igel 4 Minuten lang unter Wasser von  $10^{\circ}$  Wärme gehalten; es waren dabei mehrere Luftblasen aus seiner Lunge entwichen, der Versuch schien ihn aber nicht angegriffen zu haben.

Er sperrte am 21. August einen wachenden Igel, mit Kastanien zur Nahrung, in einen Kasten, und ließ diesen in eine Eisgrube herab, wo die Temperatur  $+5^{\circ}$  C. war. Nach 52 Stunden war der Igel munter und gesund, und hatte alle Kastanien verzehrt. — Einen andern Igel erhielt er 12 Stunden lang in einem mit einer Frostmischung von  $-18\frac{3}{4}^{\circ}$  C. umlegten Glaspokal, in einer Temperatur von  $-15^{\circ}$ ; der Igel schlief nicht ein, war nur etwas weniger munter. Die Frostmischung wurde erneuert, und nun fand sich nach 10 St. der Igel zwar ohne Bewegung, aber nicht schlafend, sondern todt.

Die Fledermäuse (*vespertilio murinus*) wickeln sich während des Winter schlafs in ihre Flügel und ihre Schwanzhaut ein; ihr Kopf ist auf die Brust ge-

senkt, und sie haben die Gestalt einer Kugel. Ihre Respiration scheint dann unmerklich zu seyn, die Schläge des Herzens bleiben aber beinahe noch sichtbar; während des Wachens sind ihrer 200, im Winterfchlafe nur 50 oder 55 in einer Minute. Jeder mechanische Reiz, Geräusch oder Ammoniakdampf bringt sie, selbst aus dem tiefsten Winterfchlafe, zum Erwachen. Verſetzt man sie in ein Zimmer von 17 bis 20° Wärme, so wird das Athemholen nach einigen Minuten ſichtlich, sie erwachen allmählig, und nach einigen Stunden fliegen sie umher. In den Kellern, Abzügen u. ſ. f., wohin die Fledermäuse, um ihren Winterfchlafe zu halten, ſich verkriechen, iſt die Temperatur bleibend über dem Froſtpunkte. Hr. Prünelle fand in den Ruinen alter Waſſerleitungen und in den Souterrains eines Forts Fledermäuse in Gruppen von 10 und 12 an der Decke hängend, in der vollkommenſten Erſtarrung, während andre noch eben ſo munter als im Sommer umher flogen. Die Wärme der erſtarrten variierte von 15 bis 17½°.

Herr Prünelle öffnete mit einem einzigen Schnitt die Bruſt einer erſtarrten Fledermaus, und ſetzte die Kugel eines Thermometers, das auf + 20° ſtand, in die Wunde. Es ſank ſogleich bis + 7¼°, und ſtieg dann allmählig bis 38¼° C., indem der Schmerz der Wunde das Thier allmählig zum Erwachen brachte. In allen Thieren, die den Winterfchlafe halten, iſt dieſer deſto tiefer, je niedriger die Temperatur des Thieres iſt, und umgekehrt;

daher das Thermometer diese beiden Zustände zugleich anzeigt. Das Thermometer hatte unter der Achsel der schlafenden Fledermaus nur auf  $6\frac{1}{2}^{\circ}$  gestanden, und Hr. Prünelle schließt daraus, die Wärme sey nicht gleichförmig durch den Körper des Thiers im Winterchlaf verbreitet.

Lebhafte Kälte erweckt die schlafenden Fledermäuse. Eben so erwachen sie im Luftzuge, oder wenn man einige Minuten lang mit einem Blasebalge auf sie bläst. — Eine Fledermaus, die bei  $7^{\circ}$  Lebenswärme schlief, wurde 6 Minuten lang unter Wasser von  $7^{\circ}$  Wärme erhalten, ohne daß sie erwachte, oder Schaden litt; eine zweite bei  $7^{\circ}$  Lebenswärme schlafende, war gestorben, als sie Hr. Prünelle 20 Minuten lang unter Wasser gehalten hatte. — Er brachte eine schlafende Fledermaus in den Recipienten einer Luftpumpe; nach 5 Kolbenzügen breitete sie ihre Flügel aus, und ungeachtet sogleich die Luft wieder hinzugelassen wurde, so starb sie doch nach drei oder vier Bewegungen. — Eine Fledermaus, die schlafend 10 Tage lang in einem mit Kalkwasser gesperrten Recipienten, welcher ungefähr 1 Litre Luft enthielt, zugebracht hatte, war todt; eine zweite sehr krank und starb nach zwei Tagen.

Am 19ten Februar 1807 wurden zwei völlig betäubte Fledermäuse gewogen, und als sie am 12ten März erwachten, wieder gewogen. Die eine hatte 3,5, die andre 2,3 Gramme, d. i. ungefähr  $\frac{1}{12}$  ihrer anfänglichen Schwere an Gewicht verloren.

Hr. Prünelle öffnete einer wachenden und einer schlafenden Fledermaus die Carotis; das Blut der erstern war weit röther als das der letztern.

Der Winterschlaf der *Eichelmaus* (*Myoxus nitela*) ist wie der des Igels unterbrochen, und noch von kürzerer Dauer. Im Herbste ist sie fett, im Frühjahr mager. Sie sammelt Wintervorrath ein, und das Bedürfniß der Nahrung erweckt sie von Zeit zu Zeit. Ist ihr Vorrath aufgezehrt, so stirbt sie in ihrem Loche, wenn sie ihn nicht erneuern kann. Das Thermometer sank in der geöffneten Brust einer schlafenden Eichelmaus auf  $8\frac{1}{2}^{\circ}$ . Sie athmet im Schlafe ungleich, 8 bis 12 Mal in einer Minute.

Auch der *Bär* und der *Dachs* sollen, wie man ziemlich allgemein glaubt, den Winterschlaf halten. Mir scheinen sie diese Eigenschaft nicht zu besitzen. Bei dem Eintritt des Winters ist der Bär, der im Freyen lebt, außerordentlich fett, und bringt mehrere Tage in gänzlicher Unthätigkeit zu, ohne selbst Nahrung zu nehmen. In den Alpen steigt er nie über die Region der Fichten hinauf; sein Lager hat er gewöhnlich unter einem Felsen in den dichtesten Stellen der Wälder, oder in einem hohlen Baum, in welchem er mit bewundernswürdiger Leichtigkeit herauf und herab steigt. In den Alpen sind die Bären mehrentheils während des ganzen Monats Januar nicht sichtbar; alle Jäger halten diese Zeit für die ihres Winterschlafs; schläft indess der Bär während desselben, so ist es wenigstens eine ganz andre

Art von Schlaf, als die des Murmelthiers. Denn wenn man sich dem Schlupfwinkel nähert, in welchem man ihn in Betäubung glaubt, so verläßt er ihn sogleich und entflieht. Er läuft dann zwar sehr schlecht; dieses möchte ich indess der Weichheit seiner Tatzen zuschreiben, an denen er unaufhörlich gelogen hat, und keinem Ueberrest von Betäubung. Ich habe nie gehört, daß man einen Bär in Betäubung überrascht habe, obgleich ich lange Bewohner von Ländern gewesen bin, wo diese Thiere sehr gemein sind. Die gefangnen Bären halten selbst während der größten Kälte keinen Winter Schlaf, wie jedermann weiß. Im Februar, wenn noch alle Berge mit Schnee bedeckt sind, steigen die Bären in die Thäler herab, um die Wurzeln der *Calla palustris* und *Angelica silvestris* und Birken- und Pappel-Knospen zu verzehren; auch findet man sie dann oft bei Ameisenhaufen, die sie begierig verschlingen. Alle diese Nahrungsmittel sind sehr erregend, und scheinen ihnen nothwendig zu seyn, um die Verdauungswege, die durch ein Fasten von mehrern Wochen geschwächt sind, zu stärken. Da die Bären sehr fett sind, wenn sie sich im Winter in ihr Lager verbergen, sich dort nicht bewegen, und wahrscheinlich den größten Theil der Zeit verschlafen, auch bei ihrem dicken Pelze nur wenig durch Ausdünstung verlieren können, so läßt das Fett, womit sie dann beladen sind, ihnen eine lange Enthalttsamkeit ertragen. Ist dieses Fett verzehrt, so fühlen sie das

Bedürfnis neuer Nahrung, und verlassen ihre Schlupfwinkel. Wir haben daher keinen Grund, anzunehmen, daß sie einen wahren Winterschlaf halten.

Wenn es wahr ist, was Linnée und einige andre Naturforscher annehmen, daß der *Dachs* einen Winterschlaf hält, so gilt dieses höchstens für das nördliche Europa. Bei uns verläßt er im Winter sein Loch so gut als im Sommer, um Nahrung zu suchen, und wenn Schnee liegt, sieht man immer um sein Loch seine Färthe. Gewöhnlich schläft dann der Dachs die Nacht und drei Viertel des Tags über, und bleibt daher so fett, daß er dadurch oft am Laufen verhindert wird. Auch kann er leicht Hunger ertragen, und bleibt während der Schneezeit, wie der Bär, mehrere Tage lang ohne Nahrung. Zu St. Fargeau im Departement der Yonne war Herr Prünelle im J. 1805 am 25ten Dec., bei  $-13^{\circ}$  C. Kälte, auf der Dachsagd.

---



II.

*Die Optik des Ptolemäus,  
verglichen mit der Euclid's, Alhazen's und  
Vitellio's.*

von

DE LAMBRE, Secr. d. math. Kl. d. Inst.

(Vorgel. im Inst. im Oct. 1811)

Frei bearbeitet von Gilbert \*).

Herr von Humboldt war durch seine Untersuchungen über die Strahlenbrechung in der Atmosphäre, welche der Leser dieser Annalen J. 1809 N: F. B. 1. S. 337. gefunden hat, veranlaßt worden, bei den Alten nachzusehn, ob ihnen dieses Phänomen ganz unbekannt geblieben sey. Er fand zuerst in einer Stelle des Sextus Empiricus, daß sie eine der offenbarsten Folgen der astronomischen Strahlenbrechung, nämlich das frühere Aufgehn und spätere Untergehn der Sterne, bemerkt hatten. Die gewöhnliche Meinung ist, Ptolemäus Optik, worin von der astronomischen Strahlenbrechung geredet werde, sey verloren gegangen; Hr. von Humboldt fand aber in der

\*) Nach der *Bibl. brit.* Nov: 1811.

1  
8  
1  
2  
XUM

*Mécanique céleste* des Hrn. La Place die Optik des Ptolemäus, nach einem lateinischen Manuscripte auf der kaiserl. Bibliothek, mit einigem Lobe erwähnt; dieses Manuscript verschaffte er sich, und wandte sich an Hrn. Delambre, als an den Sachverständigsten, mit der Bitte, dieses Manuscript genauer zu untersuchen. Auf diese Art ist die interessante Notiz entstanden, welche der Verfasser in einer der öffentlichen Sitzungen des Instituts vorgelesen hat.

Hr. Delambre berichtigt zuerst zwei Stellen in Montucla's Geschichte der Mathematik, 2te Ausgabe Th. I. S. 312 f., in welchen „von Ptolemäus Optik, als von dem vollständigsten optischen Werke der Alten, das aber verloren sey,“ gesprochen, und von dem Araber Alhazen gesagt wird, „man vermuthet mit Recht, obschon er es läugnet, daß er selbst seine ganze Optik aus dem Ptolemäus entlehnt habe.“

Hr. Delambre bemerkt hiergegen, Alhazen nenne in seinem Werke den Ptolemäus nicht ein einziges Mal. Er glaube nicht nur, Alhazen habe nichts aus Ptolemäus Optik entlehnt, sondern dieses Werk nicht einmal gekannt, und nur einige optische Grundsätze, die sich sehr wohl durch Tradition von Ptolemäus bis auf ihn können fortgepflanzt haben. Vitellio sey dagegen offenbar ein Schüler des Alhazen, denn er bekenne es selbst, obschon er es vorher geläugnet

habe; überdies sey sein Werk eine Art von Abguss von dem des Arabers \*).

Einen ziemlich guten Grund, warum die Gestirne an dem Horizonte gröfser als in der Höhe zu seyn scheinen, weil man nämlich Gegenstände zwischen sich und sie wahrnimmt, und sie entfernter glaubt, schreibt Baco und nach ihm auch Montucla dem Ptolemäus zu. Hr. Delambre hat davon bei dem Ptolemäus nichts gefunden, wohl aber in Alhazen's Optik, mit einer nicht bedeutenden Verschiedenheit.

Ptolemäus Optik wird weder von Ricciolus erwähnt, der alle Schriftsteller nennt, welche vor ihm von der astronomischen Strahlenbrechung geredet haben, noch von Kircher, der Vitellio's Refractions-Tafeln für Glas und Wasser giebt; noch von Kepler, obgleich er in seinen *Paralipomenis in Vitellionem* Euclid, Alhazen und Vitellio widerlegt; und Bailly und La Lande sprechen von ihr blos nach Montucla. Herr La Place scheint daher der einzige gewesen zu seyn, der seit Baco's Zeiten von Ptolemäus Optik etwas gewusst hat \*\*).

\*) Alhazen, von dem man weiter nichts weifs, soll im 10ten Jahrhundert gelebt, und Vitellio, aus Polen gebürtig, seine Optik im J. 1270 vollendet haben. G.

\*\*) Kästner sagt in seiner Geschichte der Mathemat. B. 2. S. 257: „Des Claudius Ptolemäus Werk von der Optik führen spätere Schriftsteller häufig an. Jetzt hat man es nicht mehr. Seinen Titel: *Ὀπτικὴ πραγματεία*, giebt aus Anführungen griechischer Schriftsteller Fabricius. *Bibl. Græc.* l. 4. c. 14. §. 14.“

Gilbert.

Die kaiserliche Bibliothek besitzt zwei Manuscripte der lateinischen Uebersetzung; eine dieser Handschriften ist von Hrn. Delambre untersucht worden. Sie enthält 211 Seiten in Quarto. Auf der ersten Seite steht: *Incipit liber PTHOLEMAEI de opticis; sive de aspectibus, translatus ab Ammiraco Eugenio siculo.* Das TH ist ein Fehler des Abschreibers, welcher z. B. stets *chylindrus* schreibt. Von dem hier genannten Uebersetzer weiß man nichts. Biographen erwähnen einen Neapolitanischen Edelmann Ammirato, der im 16ten Jahrhunderte lebte, sagen aber nicht, daß er Arabisch und Mathematik verstanden habe.

Die Uebersetzung ist voller Lücken. Das erste Buch fehlt ganz, weil es in den beiden arabischen Exemplaren mangelte, die der Uebersetzer vor Augen hatte; eben so fehlt das Ende des fünften Buchs. Es fehlen ferner eine Menge Worte, welche der Abschreiber offen gelassen hat, und die oft schwer zu ergänzen sind; auch sind die Figuren und die nachweisenden Buchstaben häufig nicht dem gemäß, was in dem Texte steht. Nach Montucla besitzt die Bodleische Bibliothek zu Oxford eine lateinische Uebersetzung der Optik des Ptolemäus in Manuscript, welche den Titel hat: *Ptolemaei optitorum sermones quinque, ex arabico latine versi.* Dieser Titel scheint eine Vollständigkeit zu versprechen, welche den Pariser Manuscripten fehlt \*). „Man hat uns Hoffnung gemacht, sagt Hr. Delambre, eine Uebersetzung

der Optik des Ptolemäus von Herrn Cauffin, dem gelehrten Uebersetzer des Ebn Junis, zu erhalten; seitdem ich aber das MS. gelesen habe, fürchte ich, die Schwierigkeiten aller Art, mit denen er zu kämpfen haben würde, werden ihn von diesem Voratz abbringen, es sey denn, man entdecke ein arabisches oder griechisches MS., welches bis jetzt unbekannt geblieben ist, oder das Oxforder MS. sey brauchbarer \*\*).

- \*) Der unter dem Namen Regiomontan berühmte, in Nürnberg lebende Astronom des Mittelalters, welcher 1476 zu Rom starb, wollte, dem von seinem Schüler Tannstedter bekannt gemachten Verzeichnisse zu Folge, unter andern Büchern auch herausgeben folgende beide: *Perspectiva Pictellionis, opus ingens et nobile* und *Perspectiva Ptolemaei* (Weidler Hist. Astron. p. 311). In der Nürnberger Ausgabe der *Perspectiva communis* des Engländers John Peccam, Erzbischofs zu Canterbury, vom J. 1542, sagt der Herausgeber Georg Hartmann in der vorgesetzten Zuschrift (Kästner's Gesch. d. Math. B. 2. S. 264): „Regiomontan habe des Ptolemäus optische Bücher herausgeben wollen, davon sey aber nichts erschienen, und sie fänden sich nicht in R. Verlassenschaft; Ptolemäus handle seinen Gegenstand in fünf Büchern ab: 1) Licht und Sehen; 2) sichtbare Sachen, wie sie erscheinen; 3) ebne und erhabne Spiegel; 4) hohle Spiegel und Zusammensetzung von mehreren Spiegeln; 5) Strahlenbrechung; *Argumentum tanti operis habemus, sagt Hartmann, extat et apud nos eius fragmentum, quod tamen, quia unicum habemus exemplum, non ausi fuimus propter eius depravationem publicare.*“

Gilbert.

- \*\*) In der untersuchten Handschrift findet sich auch: Eine kleine Abhandlung von 22 Seiten *de Ponderibus*, welche dem Euclid zugeschrieben wird. Der Mangel fast aller Figuren und der diffuse und verwickelte Styl lassen es sehr bezweifeln, daß sie wirklich von Euclid herrühre; sie han-

Ptolemäus Optik ist in 5 Bücher oder Discurse (*sermones*, *βιβλία*) getheilt, und jedes der folgenden fängt mit einer Wiederholung dessen an, was in dem vorhergehenden enthalten ist. Aus dem Anfange des zweiten Buchs sehn wir, daß das *erste Buch*, welches fehlt, von den Beziehungen handelt, worin das Licht und das Organ des Sehens zu einander stehn, von ihrer Aehnlichkeit und ihrer Verschiedenheit; unstreitig eine philosophische Abhandlung im Geiste des Aristoteles und der Gelehrten seiner Schule.

Die griechischen Philosophen machten sich größtentheils eine sehr sonderbare Vorstellung von der Art, wie das *Sehen* vor sich geht. Einige sagten, wie wir, es gingen von jedem Punkte eines leuchtenden oder erleuchteten Gegenstandes unaufhörlich Strahlen aus, und wenn diese das Auge trafen, ent-

dehlt von den Gewichten und den Hebeln, und ist sehr oberflächlich. Noch folgt unter demselben Titel und unter dem Namen Eratosthenes eine Art von Commentar dieser Abhandlung, welcher nichts als den Beweis enthält, daß im Zustande des Gleichgewichts die Gewichte der Entfernungen vom Unterstützungspunkte des Hebels verkehrt proportional sind. Zuletzt findet sich noch das Buch *de crepusculis*, *Abhoma dii malfegair*. Folgendes sind die hauptsächlichsten Begriffe, welche man darin findet: Die Morgendämmerung entsteht vom Lichte der Sonne, die steigt, die Abenddämmerung vom Lichte der Sonne, die sinkt; die Farbe in Osten ist weiß, in Westen röthlich. Von Anfang der Morgendämmerung bis zum Aufgange der Sonne geht viel längere Zeit hin, als vom Untergange der Sonne bis Ende der Dämmerung. Auf Bergen und auf Ebenen fängt die Dämmerung an, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte ist.

*Delambre.*

stehe die Empfindung des Sehens; eine Meinung, welche Euclid, oder der Schriftsteller, der unter seinem Namen geschrieben hat, im ersten Kapitel förmlich zu widerlegen unternimmt. Die andern behaupteten, der Gesichtsstrahl *gehe vom Auge aus* nach gerader Linie, bis er auf ein Hinderniß stosse. Wenn dieses undurchdringlich sey, so werde er zurückgeworfen, so daß er einen gleichen Winkel wie zuvor mit dem Einfallslothe mache. Wenn der Körper dagegen von ihm durchdringbar, also durchsichtig sey, gehe der Lichtstrahl hindurch und nehme die Farbe dieses Mittels an. Träte der Gesichtsstrahl aus einem dünnern in ein dichteres Mittel, z. B. aus Luft in Wasser oder Glas, so näherte der Strahl sich dem Lothe, neige sich nach demselben, und ergreife den Gegenstand, auf den er stosse, in dieser neuen Richtung. Das Entgegengesetzte geschehe beim Uebergehn des Strahls aus einem dichteren in ein dünneres Mittel. Diese Vorstellungen, bemerkt Herr Delambre, gehn über Ptolemäus Zeit hinaus, denn sie finden sich größtentheils schon bei Cleomedes, der hundert Jahr vor Ptolemäus lebte. Ptolemäus setzt sie überall voraus, und spricht von ihnen als von einer zugegebenen Sache, die keines Beweises weiter bedarf. — Nach Euclid bilden die Gesichtsstrahlen einen Kegel, dessen Spitze im Auge und dessen Grundfläche auf dem Gegenstande ist. Nach Ptolemäus sind sie eine Pyramide. Die Vorstellung ist

dieselbe; die Benennung hängt von der Figur ab, welche man der sichtbaren Grundfläche giebt.

Im zweiten Buche fängt Ptolemäus an, als ein Metaphysiker über das Sehen zu philosophiren. Das Gesicht lehrt uns die Körper ihrer Gröfse, Farbe und Figur nach, auch die Bewegung und die Ruhe kennen, das alles aber nur mittelst etwas lichte(m) (*lucidum*) und mittelst etwas, das das Hindurchdringen verhindert. Die Dinge, welche man sieht, unterscheidet er in *wahre* und *nicht wahre*; die erstern sind die leuchtenden Körper; die, welche man zuerst oder später (*primo* aut *sequenter*) sieht; erstere sind die, welche Farben, die andern alle, welche keine Farben haben. Wenn diese Dinge weder Dichtigkeit noch Farben haben, lehrt das Gesicht sie uns nicht als Körper kennen. Die Dunkelheit läßt sich nicht sehn, man kennt sie blos durch Privation. Ptolemäus sucht dann geometrisch die Umstände auf, welche die Einheit der Bilder im Sehen, oder die Zweifacheit derselben beim natürlichen oder künstlichen Schielen (*strabisme*) hervorbringen. Von allem dem kömmt nichts bei Euclid vor; Alhazen aber hat diesen Gegenstand mit mehr Ordnung und auf eine andre Art behandelt.

Das, was dieses zweite Buch ferner enthält, ist eine ganz merkwürdige Mischung richtiger und sonderbarer Vorstellungen. Einige derselben mögen hier zum Beispiele stehn: „Die Gröfse des Gesichtswinkels ist die Hauptursache der Gröfse,



welche man einem Gegenstande zuschreibt: Die wahre Entfernung oder die, welche man annimmt, kann unser Urtheil über sie modificiren.“ — „Dass Einige besser als Andere sehn, kömmt von einer größern Sehekraft (*vertu visuelle*) her, welche, wie alle Fähigkeiten, bei den Greisen kleiner ist.“ — Die, welche *hohle* Augen haben, sehn in kleineren Entfernungen, als die andern“ (offenbar ein Fehler des Abschreibers). — „Der Mond hat eine ihm eigne Farbe, welche man nur in den Mondfinsternissen wahrnehmen kann.“ Dieselbe Behauptung findet sich in Ptolemäus Almagest und in Theon's Commentar. — „Die Gegenstände, welche man durch Zurückwerfung sieht, nehmen etwas von der Farbe des Spiegels an, so wie die, welche man durch ein durchsichtiges Mittel hindurch sieht, etwas von der Farbe dieses Mittels.“

„Die Luft, in der wir uns befinden, ist stärker gefärbt, als die obere Luft, wegen der Ausdünstungen, die von der Erde aufsteigen; das Licht geht leichter durch sie hindurch, als durch Wasser; unser Sehen dringt leichter durch sie hindurch. Daher kömmt es, dass wir den Himmel in einer Farbe zu sehn glauben, die ihm mit den Ausdünstungen gemein ist. Dasselbe findet für alle ausgedehnte Gegenstände und in den *Flüssigkeiten* Statt, welche wenig Dichtigkeit haben, und entfernter sind als die Luft, in der wir uns befinden. Die große Dünnhheit schwächt die Wahrnehmung derselben, obgleich das dazwischen liegende Licht nicht

verhindert, daß man sie gewahr wird; wie bei den Sternen, die man sieht, wenn das Auge sich an einem dunkeln Orte befindet, und die man neben keinem ausgedehnten Gegenstande wahrnimmt; indess das Auge, wenn es im Hellen ist, die Sterne wegen des dazwischen liegenden Lichtes nicht sieht.“ — „Die Sonne und der Mond scheinen uns wegen ihrer Helligkeit nahe zu seyn, aber der Geist sieht ein, daß der Himmel höher ist, als die andern Oerter: er macht einen falschen Schluß, und hält eine Sache für wahr, die blos scheinbar ist. Er glaubt, daß eine Sache, welche ihm die letzte zu seyn scheint, größer sey, als diejenige, welche wirklich entfernter und größer ist.“

Das ganze *dritte Buch* beschäftigt sich mit der Wirkung der Spiegel, und man findet darin Klarheit und Dunkelheit, Wahrheit und Irrthum eben so untereinander gemengt, als in den eben gegebenen Proben. Ganz am unrechten Orte findet sich hier folgende Erklärung, warum die Sterne am Horizonte größer zu seyn scheinen, wegen der Montucla dem Ptolemäus mehr Ehre zukommen läßt, als ihm zu gebühren scheint: „Aus dem „Vorhergehenden scheint zu folgen, daß von Gegenständen, die am Himmel sind und unter einerlei Winkeln gesehen werden, die dem Zenith näher stehenden kleiner erscheinen müssen. Die „nahe am Horizonte erscheinen anders (d. h. größer), weil man sie auf eine Art sieht, an die wir „nicht gewöhnt sind. Die höhern Gegenstände

„werden auf eine wenig gewöhnliche Art und mit „Schwierigkeit der Action gesehn.“ Nach Ptolemäus liegt es also an der ungewohnten Stellung des Beobachters, daß er den Mond am Zenith kleiner als am Horizonte sieht.

Das *vierte Buch* handelt von den Hohlspiegeln, von Spiegeln, die aus einem ebenen und einem hohlen, oder aus einem convexen und einem concaven zusammengesetzt sind, und von Pyramidal-Spiegeln mit kreisförmiger oder vielseitiger Grundfläche.

Nach diesen vier ersten Büchern zu urtheilen, steht die Optik des Ptolemäus der des Alhazen, nach Hrn. Delambre, weit nach. Der Araber hat weit mehrere Materien behandelt, und ist zwar ebenfalls nicht frei von Fehlern, war aber doch unflreilig gelehrter und mehr Mathematiker, als Ptolemäus. Alhazen widerlegt die Theorie der Griechen vom Sehen, und ist der Meinung, daß die Strahlen, welche das Sehen bewirken, von den Gegenständen in das Auge kommen. Dieses Organ beschreibt er anatomisch, und sieht sich dadurch in dem Stand, die Einheit des Bildes, wenn man den Gegenstand mit beiden Augen sieht, viel besser als Ptolemäus zu erklären. Ptolemäus handelt nur von drei Arten von Spiegeln, Alhazen beschreibt ihrer sieben. Die Aufgabe, auf einem Kugelspiegel den Punkt der Zurückwerfung zu finden, wenn der

Ort des Auges und der des Gegenstandes gegeben ist, kömmt zuerst bei ihm vor; Ptolemäus begnügt sich, im Allgemeinen anzugeben, ob das Bild vor oder hinter dem Auge oder dem Spiegel ist, ohne je den Ort desselben genau zu bestimmen. Bei Montucla wird diese Aufgabe mit Unrecht dem Ptolemäus beigelegt.

Das *fünfte Buch* ist nach Hrn. Delambre das merkwürdigste und das am wenigsten unverständliche. Ptolemäus hat es darin mit den vornehmsten Erscheinungen der Strahlenbrechung zu thun. Man findet darin, sagt Hr. Delambre, gut angestellte physikalische Versuche, welches bei den Alten ohne Beispiel ist. Ptolemäus Theorie der Strahlenbrechung ist vollständiger, als die aller Schriftsteller vor Cassini, Tycho selbst nicht ausgenommen, der noch glaubte, die astronomische Strahlenbrechung werde von den Dünsten in der Luft hervorgebracht, und höre auf in einer Höhe von  $45^\circ$ . Ptolemäus fängt mit dem bekannten Versuch mit einer Münze an, die so in einem Gefäße liegt, daß der Rand sie zu sehn hindert, und die sichtbar wird, sobald man das Gefäß voll Wasser gießt. Um die Winkelgröße zu messen, um welche der Strahl gebrochen wird, bedient sich Ptolemäus eines in  $360^\circ$  eingetheilten Kreises, den er senkrecht in das Wasser stellt, so daß der Mittelpunkt desselben, in welchem ein farbiges Stifchen

(*mire*) befestigt ist, sich an der Oberfläche des Wassers befindet. Der Kreis hat zwei Indices, von denen der eine längs des eingetauchten, der andere längs des über dem Wasser befindlichen Halbkreises beweglich ist. Er stellt den erstern in einer beliebigen Entfernung von dem senkrechten Durchmesser, und verschiebt den letztern, bis der Gesichtsstrahl durch beide Indices und das Stiftchen im Mittelpunkte geht. Dann sieht er nach, wie viel Theile der Eintheilung die Bogen enthalten, welche zwischen dem senkrechten Durchmesser und jedem der Indices enthalten sind. Auf diese Weise hat Ptolemäus seine Tafel der Brechungswinkel im Wasser für die verschiednen Einfallswinkel, von 10 zu 10 Graden bis 80 Grad, zu Stande gebracht. Da sein Instrument nur in Grade eingetheilt war, so können freilich seine Resultate nicht sehr genau seyn. Mit demselben Apparate läßt sich die Brechung der Strahlen aus Glas in Luft bestimmen; Ptolemäus giebt für alle Winkel in der Luft von 10 zu 10 Graden die ihnen entsprechenden Winkel im Glase. Endlich hat er auch die Brechung aus Glas in Wasser bestimmt. Diese seine Resultate wird man verglichen finden.

Er wendet sich darauf zu der *astronomischen Strahlenbrechung*, welche er der Verschiedenheit der Dichtigkeit des Aethers und der Luft zuschreibt. Dafs sie vorhanden ist, beweist er *erstens* daraus, dafs die Sterne beim Auf- und Untergehn dem

Nordpole näher sind, als wenn sie durch die Mittagsebene gehn; und *zweitens*, daß Sterne, die nahe um den Pol stehn, beim Durchgehn durch den untern Theil des Mittagskreises dem Pole näher zu seyn scheinen, als wenn sie durch den obern Theil des Mittagskreises gehn. Alhazen, der dieselbe Erscheinung erwähnt, sagt nur, der eine dieser Abstände sey größer als der andere, bemerkt aber nicht, (wie Ptolemäus gethan hatte,) daß der eine dieser Abstände kleiner, der andere größer als der wahre Abstand des Sterns vom Pole ist, woraus folgt, daß die Strahlenbrechung stets die Sterne dem Zenithe näher rückt. Ueberhaupt ist Alhazen bei der astronomischen Strahlenbrechung sehr viel kürzer und ungenügender, als der Griechen. Was die Abnahme derselben mit der Höhe betrifft, so sagt Ptolemäus ausdrücklich, daß je höher ein Stern stehe, desto kleiner der Unterschied zwischen seinem wahren und scheinbaren Stande sey, bis dieser Unterschied in dem Zenith verschwinde. Er fügt hinzu, die Höhe der Atmosphäre, d. h. die Höhe der Oberfläche, an welcher die Brechung des Strahls vor sich geht, sey unbekannt; man wisse blos, daß sie unter der Sphäre des Mondes sey.

Um die Strahlenbrechung zu erklären, beschreibt Ptolemäus dieselbe Figur, auf welche Callini seine ganze Theorie gegründet hat, und bedient sich beinahe desselben Raisonnements. Er nimmt, wie Callini, an, es müsse irgend ein festes Verhältniß zwi-

schen dem Einfallswinkel und dem Brechungswinkel Statt finden; weiter geht er aber nicht. Hätte er noch einen Schritt weiter gemacht, und wäre er auf den Gedanken gekommen, die doppelten Sehnen der Winkel, welche er in seiner Tafel giebt, mit einander zu vergleichen, so würde er wahrscheinlich das feste Verhältniß, welches er suchte, und das Gesetz der Strahlenbrechung gefunden haben. Hr. Delambre hat diese Vergleichung für ihn gemacht, nur daß er die halben Sehnen, d. h. die Sinus der Winkel nimmt, und sie den Zahlen in Ptolemäus Tafel beigefügt.

Die erste der beiden folgenden Refractions-Tafeln ist aus Ptolemäus, die zweite aus Vitellio's Optik entlehnt.

*Strahlenbrechung nach Ptolemäus.*

Einfallswink.	aus Luft in Wasser		aus Luft in Glas		aus Wasser in Glas	
	Brech. Wink.	Verhältniß des Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus
10°	8'	0,80143	7°	0,70179	9½°	0,95044
20	15½'	0,78136	13½'	0,68255	18½'	0,92774
30	22½'	0,76537	20½'	0,70041	27	0,90798
40	28	0,73037	25	0,65748	35	0,89233
50	35	0,74875	30	0,65270	42½'	0,88192
60	40½'	0,74992	34½'	0,65403	49½'	0,87804
70	45	0,75249	38½'	0,66247	56	0,88422
80	50	0,77786	42	0,67946	62	0,89657
Im Mittel		0,76736			0,90190	
(= sin. 50 7' 3")			(= sin 42° 21' 56")		(= sin 64° 24' 32")	
oder wie 4:3,06936			wie 3:2,02158		wie 9:8,11710	

*Strahlenbrechung nach Vitellio's Optik.*

Ein- falls- Wink.	aus Luft in Wasser		aus Luft in Glas		aus Wasser in Glas	
	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus
10	7 $\frac{1}{2}$ °	0,77658	7	0,76178	9 $\frac{1}{2}$ °	0,95043
20	15 $\frac{1}{2}$	0,78135	13 $\frac{1}{2}$	0,68255	18 $\frac{1}{2}$	0,92773
30	22 $\frac{1}{2}$	0,76537	19 $\frac{1}{2}$	0,66761	27	0,90798
40	29	0,75423	25	0,65748	35	0,89233
50	35	0,74875	30	0,65270	42 $\frac{1}{2}$	0,88192
60	40 $\frac{1}{2}$	0,74992	34 $\frac{1}{2}$	0,65403	49 $\frac{1}{2}$	0,87804
70	45 $\frac{1}{2}$	0,75904	38 $\frac{1}{2}$	0,66247	56	0,88224
80	50	0,77787	42	0,67946	62	0,89657
1m Mittel		0,76414			0,90190	
		(= sin 49° 49' 50")			(= sin 64° 24' 30")	
		wie 4:3,05656			wie 9:8,1110	

	aus Wasser in Luft		aus Glas in Luft		aus Glas in Wasser	
	Brech. nach Vitellio	Winkel wirk- licher	Brech. nach Vitellio	Winkel wirk- licher	Brech. nach Vitellio	Winkel wirk- licher
10°	12° 15'	16° 37'	13° 0'	15° 2'	10° 30'	11° 6'
20	24 30	26 35	26 30	30 42	21 30	22 17
30	37 30	40 52	40 30	48 17	33 0	33 40
40	51 0	57 16	55 0	73 41	45 0	45 27
50	65 0	.	70 0	.	57 30	58 9
60	79 30	.	85 50	.	70 30	73 47
70	94 30	.	101 30	.	84 0	.
80	110 0	.	118 0	.	98 0	.

Die Brechungswinkel des Vitellio sind, wie man sieht, sehr nahe dieselben, als die des Ptolemäus, welches sehr begreiflich ist, da beide sie nur bis auf halbe Grade beobachtet haben, weil wahrscheinlich ihre Instrumente nur in ganze Grade eingetheilt waren. Was den Fall betrifft, wenn der Strahl aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergeht, so hat Vitellio den Brechungswinkel bloß berechnet, und zwar, wie er sagt, der Erfahrung zu



Folge, welche ihn gelehrt habe, daß die Brechungswinkel dieselben sind, der Strahl möge aus einem dünnern durchsichtigen Mittel in ein dichteres übergehn, oder aus diesem dichtern in das dünnere. Er setzt den Einfallswinkel in beiden Fällen gleich, und macht den Brechungswinkel beim Uebergange aus dem dichtern in das dünnere Mittel eben so viel größer als den Einfallswinkel, als er beim Uebergehn aus dem dünnern in das dichtere Mittel kleiner als dieser ist. Diese Regel, der zu Folge die Summe der zu einerlei Einfallswinkel gehörigen Brechungswinkel in beiden Fällen immer dem Doppelten des Einfallswinkels gleich seyn würden, ist falsch, und verleitet ihn zu der Aussage in seinen Tafeln, daß zu einem Einfallswinkel von  $80^\circ$  von Wasser in Luft ein Brechungswinkel von  $110^\circ$  gehöre, eine Paradoxie, die ihm nicht aufgefallen ist.

Newton giebt in seiner Optik die Brechungsverhältnisse, welche in beiden Tafeln dargestellt sind, d. h. das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zu dem des Brechungswinkels, folgendermaßen an:

Brechungsverhältniß des gelben Lichtes von

Luft in Regenwasser  $529:390 = 4:2,99432$

Luft in gemeines Glas  $31:20 = 3:1,93048$

und es ist  $\frac{329}{129} = 0,74858 = \sin. 48^\circ 28' 3''$

und  $\frac{32}{32} = 0,64516 = \sin. 40^\circ 10' 40''$

Newton's gemeines Glas war vielleicht nicht ganz von derselben Art, als das Glas, welches Ptolemäus das reinste Glas nennt, und womit er den Versuch angestellt hat.

*Zusatz.* S. 376. Anm. Herr Prof. Rosenmüller hierfelbst, von dem ich mir eine Erklärung der mir unverständlichen arabischen Worte *Abhoma dii malfegair* (wie sie in der französischen Urschrift stehn) erbat, hat die Güte gehabt, mir über sie folgende Auskunft zu geben: „Diese arabischen Worte sind richtig so zu schreiben: *Abu-Homa daum-al-fegr*, das heist, Abu-Homa über die Dauer der Morgendämmerung. *Abu-Homa* ist der Name des Verfassers, oder vielleicht nur der Anfang seines Namens, und ist der Tractat derselbe, welchen man Alhazen beilegt, so könnte wohl noch folgen *el Hazen* etc.; *daum* heist Dauer, *fegr*, welches *sedfhr* oder *sadfhr* ausgesprochen wird, die Morgendämmerung, (Abendämmerung heist *schafak*) und *al* ist der Artikel.“

Gilbert.

## III.

*Ueber einige theoretische Modificationen der Daltonschen Hygrologie; und über die praktische Anwendbarkeit seiner Hygrometrie.*

Von

PAUL ERMANN,

Secr. d. phys. Kl. und Prof. d. Phys. a. d. Univ. zu Berlin.

## I.

Die Gesetze des gemeinschaftlichen Daseyns mehrerer expansibeler Flüssigkeiten in einem Raume sind der Gegenstand eines Problems, welches in seiner ganzen Allgemeinheit erst jetzt die Physiker zu beschäftigen anfängt. Durch Auflösung desselben wird die Aerostatik und Aerodynamik eine beträchtliche Erweiterung gewinnen, zuvor aber muß sich noch vieles, was jetzt im Werden ist, mit solcher Bestimmtheit gestalten, daß der Mathematik das Eindringen in den chemischen Prozeß gesichert wird. Ein besondrer Fall dieses allgemeinen Problems, und zwar gerade der schwierigste, hat sich indess stets, seitdem es eine Naturforschung giebt, den Physikern aufgedrungen; so ausgezeichnet sind die Züge, welche die Existenz des *Wasserdampfs* in der Atmosphäre charakterisiren. Fast jede Aen-

derung seines unendlich beweglichen Gleichgewichts ist mit Aenderung des Aggregat-Zustandes begleitet; das Unsichtbare wird durch Trübung sichtbar, oder umgekehrt, und das Expandirte wird tropfbarer Niederschlag, der sich bald wiederum expandirt. Wenn die andern Bestandtheile des atmosphärischen Gemenges ähnliche Störungen des Gleichgewichts erlitten, die mit eben so wahrnehmbaren Modificationen des Aggregat-Zustandes begleitet wären, und wenn vollends (wie beim Wasserdampfe) das Wohl und Weh der Nationen und die Bewohnbarkeit der Erde an das ununterbrochene Schwanken dieses Gleichgewichts gebunden wäre; so würde die Hygrologie und Hygrometrie sehr bald in ihrer Allgemeinheit aufgefaßt worden seyn, statt daß sie noch jetzt in den Lehrbüchern meistens nur als ein Anhang zur Lehre vom Wasser eingeschaltet zu werden pflegt.

Wie wichtig die Uebersicht ist, die man gewinnt, wenn man ein zu lösendes Problem in dem für den gegebenen Zustand des Wissens allgemeinsten Ausdruck aufstellt, zeigt sich, wie überall, so auch in den Gestaltungen, welche die Hygrometrie in den letzten Jahrzehenden gewonnen hat. Zwar sind mehrere genaue quantitative Bestimmungen, die unentbehrlich waren, erst in dieser Zeit gegeben worden; dieses ist es aber nicht allein, was jenes Problem seiner Reife näher gebracht hat, sondern eben so sehr die Subsumtion der speciellen Gesetze der Ausdünstung unter die allgemeinen

der Mischung heterogener expansibler Flüssigkeiten überhaupt, gleichviel ob sie permanent oder nicht permanent elastisch sind; ein Unterschied, der hier in der That ganz unwesentlich ist, indem er sich bloß auf den Grad der Temperatur bezieht, bei welchem eine gegebene Substanz sich expandirt.

Während der ersten Periode der Hygrometrie war die Frage fast ausschließend: *wie verhält sich in der Atmosphäre der expandirte Wasserdampf?* In sie gehören die Arbeiten Le Roy's, Lambert's, Saussure's, de Luc's, Mayer's, Schmidt's und anderer sehr verdienter Männer. Ich wage nicht zu bestimmen, wen einst die Annalen der Wissenschaft an die Spitze derer stellen werden, die tiefer eindringend den Gesetzen nachforschten, welche je zwei expansible Flüssigkeiten, die in denselben Raum treten, in Hinsicht auf Druck, Elasticität, Eigenschwere, absolute Temperatur, Spannung der Wärme, und in ihrer Formänderung befolgen, wobei ihre Formänderung, wenn sie deren unter gegebenen Umständen fähig sind, nur als Corollare dieser Gesetze betrachtet werden.

Auf jeden Fall spielt Dalton eine bedeutende Rolle in dieser beginnenden Periode \*): seine

\*) Es sey mir erlaubt, bei dieser Gelegenheit für diese *Annalen* das Verdienst zu reclamiren, zuerst die Aufmerksamkeit der Physiker auf Dalton's hygrolgische Untersuchungen durch die Bearbeitung und die kritische Beleuchtung derselben in Band 15 (Jahrg. 1804) und durch die mit ihnen in Zusammenhang stehenden Arbeiten Dalton's in B. 12, 13, 14, 16, 21 (S. 377 f.) 25 und 27 gesenkt zu haben.

factischen Untersuchungen sind so mannigfaltig, so sinnreich erdacht, und von einem so imponirenden Anschein von Genauigkeit in der Ausführung, und die Schärfe seines Geistes führt ihn zu solcher Verallgemeinerung der Ansichten, daß ein bedeutender Antheil des Impulses unstreitig von ihm ausgegangen ist; und vieles von dem, was Physiker andrer Nationen in dieser Periode über Thermologie und Hygrologie verhandelten, werden künftig die Engländer für Dalton, Leslie und Rumford eben so vindiciren, wie sie es in Hinsicht auf die erste Grundlegung der antiphlogistischen Chemie zu Gunsten von Priestley und Cavendish mit allem Recht gethan haben.

Der ganz besondre Umstand, daß Dalton's Hauptresultat von auffallender Paradoxie war, ohne doch eigentlich neu zu seyn, trug viel dazu bei, seine Untersuchungen noch erregender zu machen. Seitdem es factisch erwiesen war, daß im luftleeren Raume die Menge und Elasticität des Wasserdampfs genau dieselbe ist, wie unter dem Druck der Atmosphäre, kostete es vielen Naturforschern wenig Ueberwindung, dem Auflösungsystem zu entsagen: die Gründe aber, welche die Hülfsypothesen empfahlen, einer nachherigen Auflösung des bereits gebildeten Wasserdampfs durch Luft, oder einer Verwandlung des Wasserdampfs in Luft, oder einer Mitwirkung der Cohäsionskraft in den kapillaren Zwischenräumen der Lufttheilchen, wurden von vielen übersehen, wie meistens auch die etwanige

Mitwirkung der Elektricität, die allerdings wenigen Einfluß bei der Verdampfung haben mag. So hatte also eine große Mehrheit, deren Charakter selten eine strenge Consequenz zu seyn pflegt, die Auflösungs-Hypothese verlassen, ohne das klare Bewußtseyn mit hinüber zu nehmen von dem, was eine Theorie voraussetzt und in sich schließt, die alles auf bloße Temperatur zurückbringt. Diese Folgerungen sprach Dalton ruhig aus, und setzte mit muthiger Consequenz seinen Weg fort durch alle abschreckende Folgerungen einer ächten *Anti-Auflösungs-Theorie*. Da stutzten beide Partheien fast in gleichem Grade, und es galt, wie in andern Fällen, der für den Ketzer, der mit Bestimmtheit sich für die übersehenen Folgesätze aus einer früher bereits sehr verbreiteten Meinung erklärte.

Wenn der Wasserdampf nur bei der Temperatur von  $212^{\circ}$  F. eine Expansibilität hat, die dem Druck der Luft das Gleichgewicht halten kann, wenn demohngeachtet bei jeder niedrigeren Temperatur Wasserdampf mit unüberwundener Expansibilität den atmosphärischen Gasarten beigemengt ist, und wenn man sich anderweitig bewogen findet, auf die Hüllshypothesen mitwirkender Affinitäts- und Adhäsionskräfte Verzicht zu leisten, so bleibt in der That nichts übrig, als anzunehmen, eine jede Gasart des Gemenges wirke durchaus auf keine der übrigen durch elastische Repulsion, und sie befolge für sich und abgesehen von der Gegenwart

aller übrigen die Gesetze einer eigenen spezifischen Raumerfüllung: das heißt, der bereits von einer Gasart eingenommene Raum ist für jede der übrigen ein leerer Raum. Erklärt ist hierdurch die Existenz des Wasserdampfes bei jedem Barometerdruck, erklärt folglich die quantitative Gleichheit desselben im luftleeren und luftvollen Raume, bei jeder Temperatur: aber wer erklärt uns den Erklärungsgrund selbst, der sowohl im atomistischen als dynamischen Systeme an Ungereimtheit zu gränzen scheint.

Was zu Gunsten seiner Ansicht sowohl nach dem einen als nach dem andern System von Dalton versucht wurde, indem er (zuerst mehr Dynamiker) die ausschließende Repulsion jeder spezifischen Gasart mit der magnetischen vergleicht, die mitten unter vielen Repulsionen fremder Art, doch ihren eigenthümlichen Karakter rein beibehält und nur auf das Gleichartige wirkt: und indem er (späterhin ein potenziirter Atomist) durch Lage, Entfernung und Dimension der Dampf- und Gas-molekullen und ihrer umgebenden Thermosphären das Paradoxe seiner Annahme zu bemänteln sucht: dieses alles, so wie auch dasjenige, was gegen ihn in demselben Sinne a priori demonstrirt wurde, kommt auf jeden Fall zu früh, wenn es nicht gar überhaupt die Untersuchung in ein Feld spielt, das für uns ewig verschlossen und dunkel bleiben wird.



Frucht-bringender und im ächten Sinne physikalischer Forschungen waren die Einwendungen die Tralles, Berthollet, Thomson, Murray, William Henry, Gough und Fischer gegen Daltons Verdunstungslehre, von ihrer Inkohärenz mit bereits erwiesenen Naturgesetzen, oder ohnfehlenden Thatfachen entlehnten.

Herr Tralles schließt einen trefflichen Entwurf der Mechanik gemengter Gasarten \*) mit dem Beweise, daß Dalton's Annahme mehrerer von einander durchaus unabhängiger Atmosphären sich nicht mit der Theorie der Barometermessung in Uebereinstimmung bringen lasse: bemerkt jedoch, daß die frühern, die uns bis jetzt zugänglich waren, nicht beträchtlich genug sind, um die Abweichung in irgend einer reellen Beobachtung sehr bedeutend zu geben. Die zweite Einwendung hingegen wird bereits durch eine sehr bestimmte Thatfache bekräftigt. Herr Tralles beweist, daß wenn nach Daltons Theorie die Stickstoffatmosphäre wirklich eine ganz andere progressive Abnahme in ihren Dichtigkeiten hätte, als die Sauerstoffatmosphäre, es unmöglich seyn würde, daß in den bereits erreichten Höhen die eudiometrische Constitution des atmosphärischen Gemenges noch die völlige Gleichförmigkeit zeigen könnte, die man doch gefunden hat.

\*) Diese Annalen B. 27. S. 409.

Noch ist mir nicht bekannt, daß Dalton seinen Scharffinn aufgeboten habe, um seine Theorie diesen gefährlichen Klippen vorbei zu steuern. Mit den übrigen Einwendungen hingegen hat er es versucht, und zwar vorzüglich im ersten Bande seines *New System of chemical philosophy. 2 Voll. Manchester 1808.* Da dieses sehr merkwürdige Werk, als engländisches Produkt für uns auch leider den Werth der Seltenheit hat, erlaube ich mir einige Momente des polemischen Inhalts auszuheben, um so mehr, da viele von diesen den eigenthümlichen Gegenstand, zu dem sich dieser Aufsatz sogleich wenden wird, sehr nahe angehen.

A. Berthollet. Wenn eine Gasart bloß in die als leer zu betrachtenden Zwischenräume einer andern eindrange, so könnte unmöglich der Dampf des Wassers oder der Naphta das Volum der Luft, der man diese Dämpfe beimengt, vergrößern: und doch findet diese Vergrößerung statt. Nach Daltons Theorie müßte vermehrte Feuchtigkeit die spezifische Schwere der Luft vermehren; und schon Newton wußte, daß sie sich vermindert.

a. Dalton. Ein Volum von trockner Luft sey in einem Cylinder über Queckfilber gesperrt; man lasse nun etwas Wasser oder Naphta darin verdunsten, so fällt das Queckfilber, weil es nunmehr den Druck der trocknen Luft + dem des Dampfes trägt, und folglich fallen muß. In der freyen Atmosphäre ist der Verlauf dieser: Man denke sie sich vollkommen trocken, das heißt, bestehend nur aus der

Stickgasatmosphäre (= 23 engl. Zoll Quecksilberdruck) und aus der Sauerstoffatmosphäre. Die Ausdünstung wird anfanglich sehr lebhaft vor sich gehen. Der bereits bestandene Dampf, stets durch den neu entstehenden herauf gedrängt, steigt aufwärts; und da ihm die Luft hierbei durch die Trägheit ein Hinderniß darbietet, so wird der Druck der Luft nach unten um so viel vermindert, buchstäblich *aufgehoben*; folglich muß diese sich mehr ausdehnen. Sobald aber aller Dampf, der bei der gegebenen Temperatur unter dem nunmehrigen Druck der Dampfatmosphäre bestehen kann, sich gebildet hat, so hat auch die Dampfatmosphäre ihr Gleichgewicht erreicht; sie wirkt nicht weiter auf die Luftatmosphäre, und lastet bloß auf die Erdoberfläche; und alsdann kehren die Stickgas- und Sauerstoffgasatmosphären zu ihrer primitiven Dichtigkeit und Druck (Spannung) zurück. Für diesen Fall ist es allerdings wahr, daß der hinzugekommene Dampf das Volumen der Luftatmosphäre nicht vermehrt. Feuchtigkeit würde bloß das absolute Gewicht der gesammten Atmosphäre vermehren; ihr specifisches Gewicht hingegen bei einem gegebenen Drucke vermindern.

B. Berthollet. Giebt es in der ganzen Physik irgend eine Analogie für die Dalton'sche Annahme? ist es denkbar, daß eine elastische Substanz zu dem Volum einer andern hinzukomme, ohne auf sie durch Expansivkraft zu wirken?

Annal. d. Physik. B. 40. St. 4. J. 1812. St. 4.

D d

b. Dalton. Zwey Magnete wirken auf einander durch Expansivkräfte; auf jeden andern Körper nur als unelastische Massen. Ihre Molekullen würden dasselbe thun. — So können sich auch die homogenen Molekullen einer Gasart unter sich elastisch zurückstoßen, während sie auf jeden andern Körper nur unelastisch wirken, das heißt gar nicht außer der Berührung.

C. Berthollet. Die Kraft, welche unter gewissen Umständen Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zu Wasser, Stickgas und Sauerstoffgas zu Salpetersäure vereint, entsteht doch nicht erst in dem Moment, wo die Wirkung erfolgt; sie war schon früher vorhanden und wuchs allmählig bis sie überwiegend wurde.

c. Dalton. Allerdings wirken in der Natur Anziehungs- und Abstoßungskräfte meistens (wo nicht immer) gleichzeitig; der Charakter der Phänomene richtet sich aber nach dem Vorwalten einer oder der andern Kraft. In den Gasarten, so lange sie sich nicht chemisch vereinen, ist die Repulsivkraft so vorwaltend, daß die anziehenden als verschwindend und unendlich klein zu betrachten sind, bis durch anderweitige Einwirkungen diese wieder das Uebergewicht bekommen, wobei aber sogleich der Aggregatzustand sich ändert.

D. Berthollet. Ein Gemenge von Stickgas und Sauerstoffgas verhält sich bei Veränderungen der Temperaturen und des Drucks gerade wie eine homogene Gasart; es ist folglich kein Grund vor-

handen, eine so große Verschiedenheit in den Ursachen anzunehmen, die durch nichts angedeutet wird.

d. Dalton. Wenn ein Gemenge von atmosphärischer Luft, enthaltend Stickgas von 24 und Sauerstoffgas von 6 Zoll Quecksilberhöhe Spannung in die Hälfte des Raums, den es eingenommen hatte, zusammengepresst wird, so widersteht nunmehr das Stickgas mit einer Kraft von 48, das Sauerstoffgas mit 12; zusammen 60, gerade so wie bei irgend einer homogenen Gasart. Dasselbe muß statt finden in den Veränderungen, welche die Temperatur zur Bedingung haben. Es ist aber eine große Frage ob die Auflösungstheorie diesen Fall eben so ungezwungen zu erklären vermag.

E. Berthollet. Lavoisier's Ansicht ist haltbar, daß ohne den Druck der Atmosphäre keine tropfbare Flüssigkeit, als solche bestehen kann, indem der Wärmestoff ihre Theilchen ins unendliche von einander entfernen würde, wenn nicht die Gegenkraft der Schwere sie zu einer Atmosphäre versammelte.

e. Dalton. Allerdings würde die Schwere den expandirten Wasserdampf in eine Atmosphäre, ähnlich der, die wir jetzt besitzen, versammeln; vorausgesetzt aber, der Druck dieses Wasserdampfes sey = 30" Quecksilberdruck, wie könnte sie bestehen bei der mittlern Temperatur? In kurzer Zeit würde ein bedeutender Antheil derselben sich wieder zu li-

quidem Wasser verdichten, und der expandirt bleibende Rückstand von etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll Druck, würde der fernern Ausdünstung Gränzen setzen, bis sich etwa die Temperatur änderte. So wie liquides Wasser im Torricellischen Raume beharrt, ohne daß eine Mitwirkung des atmosphärischen Drucks dazu erforderlich ist, eben so würde es in Lavoisier's Voraussetzung der vernichteten Atmosphäre auch im freyen Raume geschehen.

Ferner findet Dalton einen Widerspruch darin, daß Berthollet in der nächst folgenden Stelle andererseits behauptet, die Existenz der Atmosphäre bedinge eine quantitative grössere Ausdünstung als der leere Raum; so daß die von der Feuchtigkeit der Atmosphäre herrührenden Variationen des Barometers beträchtlicher seyn müßten, als sie Sauffure und de Luc annehmen.

Der Einwurf, den Berthollet von der Langsamkeit, mit welcher heterogene Gasarten sich vermengen, entlehnt, ist von allen Gegnern dieser Ausdünstungstheorie urgirt worden; daher kömmt Dalton auf ihn erst später.

Ich wende mich nun zu seiner *Beantwortung der Einwendungen englischer Physiker.*\*) Der Ton der Polemik ändert sich hier merklich; bis hieher zeichnet er sich in Bezug auf den Verfaß. der *Statique Chimique* durch häßliche ungebührliche Virulenz

\*) Schon einmal ist von diesen polemischen Verhandlungen in diesen Annalen die Rede gewesen: S. Bemerkungen für und wider Dalton's neue Theorie etc. Bd. 21. S. 377. f. G.

aus, welche um so mehr auffällt, da der ehrwürdige Berthollet bei seinem Angriffe der Lehre Dalton's die Milde seines Charakters so trefflich bewährte.

A. Murray's *Einwürfe* stehn in dessen *System of Chemistry*, welches vor einigen Jahren zu Edinburg erschienen ist: Zwischen Gasarten die unter gewissen Umständen sich vereinen, muß schon bei der Vermengung in jedem Fall eine Anziehung statt finden. Giebt Dalton zu.

Murray. Bei der Vermengung heterogener Gasarten kann allerdings die durch den Wärmestoff bedingte wechselseitige Entfernung der Theilchen das chemische Vereinen verhindern, aber die Anziehung kann doch noch hinreichen, um die weitere Entfernung der Theilchen zu beschränken; das heißt, die gemengten Gasarten haften an einander mit derselben Art von Kraft, wie so viele andere Körper bei der wechselseitigen Berührung der Oberflächen.

Dalton. Dieses müßte nothwendig auch auf die Theilchen homogener Gasarten ausgedehnt werden, vorzüglich auf den Dampf, dessen Theilchen unter gegebenen Umständen sich vereinen. Kann man aber behaupten, die Theilchen des Dampfes seyen durch irgend eine anziehende Kraft zusammen gehalten? Die Phänomene sind dagegen, eben wie bei einer gleichen Anzahl Theilchen des expandirten Sauerstoffgas. Wenn also gleich unstreitig in jedem erdenklichen Fall die Theilchen jeder Materie eine wechselseitige Anzie-

hung ausüben, so kann doch in besondern Fällen ein Zustand eintreten, wo Repulsion der ausschliessend vorwaltende Charakter wird, und dieß ist der Fall bei den expansibeln Flüssigkeiten.

Murray nennt mit Berthollet diese Anziehungskraft der Gasarten unter sich *eine schwache unbeträchtliche Kraft* (*slight action, weak reciprocal action*).

Dalton bemerkt hiergegen, daß sie, wenn sie der Trennung expandirter Flüssigkeiten ein Hinderniß darbieten soll, vielmehr ungemein stark seyn müsse. Bei Wasserdampf von  $212^{\circ}$  müßte die Anziehungskraft der Theilchen unter sich (um die Repulsion beschränken zu können) gleich seyn dem Gewichte einer Wassersäule von 4896 Fuß Höhe; so hoch giebt nämlich Dalton an einer andern Stelle den Ueberschuß der Repulsion im Wasserdampfe von dieser Temperatur an. Sein Schluß ist dieser: die Dichtigkeit des Dampfes ist  $\frac{1}{144}$  des Wassers; folglich hat jedes Theilchen des Dampfes einen 12mal so großen Durchmesser als ein Wassertheilchen, übt folglich seinen Druck auf 144 Theilchen in der Wasserfläche. Auf jedes dieser Theilchen ist dieser Druck gleich einer Wassersäule von 34 engl. Fuß Höhe. Also ist die überschüssige elastische Kraft gleich  $34 \times 144 = 4896$  Fuß.

Dalton bemerkt außerdem, wie auffallend es in der Auflösungstheorie sey, daß Gasarten, die fähig sind unter gewissen Umständen sich chemisch zu vereinen, (wie Sauerstoffgas und Stickgas), und



Gasarten welche diese Eigenschaft nicht haben, (wie Wasserstoffgas und kohlenfaures Gas) sich doch mit gleicher Leichtigkeit wechselseitig auflösen sollen: ja man könnte sagen, die Kraft sey sogar größer wenn Wasserstoffgas, das zomal schwerere kohlenfaure Gas vom Boden eines Cylinders bis zu den obersten Theilen desselben heraufzieht und daselbst vertheilt erhält.

B. Gough's Einwendungen stehen, aus *Nicholson's Journal* entlehnt in diesen Annalen, Band 21. Seite 380 und 405. Gough. Wenn die Atmolphäre aus zwei mechanisch gemengten aber dynamisch isolirten Atmolphären von Sauerstoffgas und Stickgas bestünde, so müßte jeder entfernte Schall doppelt gehört werden, je nachdem er sich in jeder verschiedentlich fortpflanzt. Diese Einwendung ist individuel charakteristisch, da Gough das Unglück hat das Organ des Gesichts zu entbehren.

Dalton. Wenn der Schall sich in der Stickgasatmolphäre fortpflanzt mit einer Geschwindigkeit von 1000 Fuls in der Sekunde, so kommen nach angestellter Berechnung für die gesammten sich durchdringenden Atmolphären folgende Geschwindigkeiten des Schalls heraus.

Für die Stickgasatmolphäre	1000
die Sauerstoffgasatmolphäre	930
die des kohlenfauren Gas	804
die des Wasserdampfs	1174 Fuls.

Daraus folgt nun, daß ein lauter und starker Schall aus der Entfernung von 13 engl. Meilen gehört, zuerst

nach 59 Secunden einen schwachen Eindruck aufs Gehör machen werde, vermittelt der Wasserdampf-atmosphäre; dann einen zweiten und zwar den stärksten von allen durch die Stickgasatmosphäre nach 68½ Secunden; darauf den dritten durch die Sauerstoffgas-Atmosphäre nach 74 Secunden; und endlich einen Vierten, von allen den schwächsten, durch die Atmosphäre des kohlenfauern Gas nach 85 Secunden.

Nun hat Derham in seinen zahlreichen Beobachtungen gefunden, daß ein Kanonenschuß in diefer Entfernung von 13 engl. Meilen, nie einfach gehört wird, sondern in 3 bis 6 auf einander folgenden Pulsen. Die zwey erstern sind stärker als der dritte; der letzte ist der stärkste von allen. Dieß kann man nicht füglich, wie Cavallo thut, vom bloßen Wiederhall ableiten; denn das Phänomen ist constant; zu Lande und zur See und unter allen Umständen dasselbe. In einer Entfernung von 10 bis 20 engl. Meilen verwandelt sich stets das krachend brüllende Geräusch des Geschützes, dem kein musikalischer Ton durchaus entspricht, in einen musikalisch vergleichbaren Basston, der im Piano beginnend, allmählich zum Forte anschwellt, und wiederum in Piano übergeht um langsam zu verhallen. Diese Erscheinung, so wie die sehr ähnlichen beim entfernten Schall des Donners, stimmt mit der Theorie der sich unabhängig von einander durchdringenden Atmosphären, so gut wie man es bei dergleichen Gegenständen erwarten kann.

Thomson stellt in seinen *Elements of Chemistry* der Dalton'schen Hypothese drei Gründe entgegen: 1) Es vergeht eine bedeutende Zeit ehe zwei in der Berührung sich selbst überlassene heterogene Gasarten sich mengen, was nicht seyn sollte, wenn eine für die andere ein leerer Raum wäre. —

2) Wenn die Molekulen je zwei heterogener Gasarten wirklich in Beziehung auf einander unelastisch wären, so müßte bei diesem Mangel an Repulsivkraft ein Theilchen Sauerstoff sogleich Wasser bilden, wenn es mit einem Theilchen Wasserstoff in Berührung kömmt. Der Versuch bei der Vermengung des Sauerstoffgas mit Salpetergas würde hierin der Dalton'schen Ansicht günstig seyn. — 3) Der Umstand, daß gewisse chemische Vereinigungen so ungemein leicht gelingen, wenn eine der beiden Gasarten nur so eben im Entstehen begriffen ist, (nun eben den elastischen Zustand annehmen will,) scheint ebenfalls der Hypothese zu widersprechen, daß die bereits gebildeten Gasarten keine wechselseitige Repulsion auf einander ausüben.

Diese drei Einwendungen sind, nach Dalton's eigenem Geständniß, nicht ganz leicht zu beantworten; die zwei letzten haben ihn sogar vorzüglich bewogen, seine Theorie bedeutend zu modificiren.

Was die *erste* betrifft, die bereits Berthollet und fast alle Gegner Dalton's zur Sprache gebracht hatten, so sind uns Dalton's frühere Versuche, sie zu heben, längst bekannt. Die Ursache

der Langsamkeit bei der Vermengung sucht er lediglich im Widerstande des Mittels und der ungewöhnlich geringen Masse der Gas-Molekullen. Da der Widerstand ein Maximum ist, wenn die Theilung ein Maximum geworden, so kann selbst Blei, wenn wir es uns als unendlich fein zertheilt denken, in der Luft durch seine Schwere fallend, ein Bild des Widerstandes abgeben, den die Diffusion der Gas-Molekullen in dem durch ein Gas bereits eingenommenen Raume erleidet, und keiner wird sagen, es herrsche zwischen Luft und Blei eine wechselseitige elastische Wirkung.

Es ist uns nicht entgangen, daß die andern zwei Einwendungen Thomson's sich darauf beziehen, daß Dalton in den bisherigen Darstellungen seiner Theorie die Molekullen der Gasarten als unelastische Raumerfüllungs-Punkte oder Atome betrachtete, die mit ursprünglichen Kräften begabt wären, ähnlich den magnetischen, und eben so wie diese elektiv wirkend, jede nur auf das ihnen gleichartige. Der subjective Grund dieser beiden dynamischen Annahmen ist leicht einzusehen. Wäre der Wärmestoff der Grund der Repulsion, so ließe sich nicht einsehen, warum die Thermosphäre eines Theilchens Sauerstoff nicht eben so gut auf ein Wasserstofftheilchen repellirend wirken sollte, als auf ein gleichartiges Sauerstofftheilchen, vorzüglich wenn beide gleiche Dimensionen hätten.

Jetzt aber findet sich Dalton bewogen, diese dynamische Ansicht aufzugeben. Er giebt zu, der

Wärmestoff sey das einzige repellirende Princip bei allen Gasarten, sowohl im reinen als im gemengten Zustande, wagt es aber, die nach wie vor behauptete ausschliessend elektive Repulsion der homogenen Gasarten unter sich, lediglich von der verschiedenen specifischen Dimension ihrer Theilchen abzuleiten. Darunter versteht er aber nicht blos den Kern, sondern auch die ihn umgebende und dazu gehörige Thermosphäre. Als Dalton seine Theorie zuerst bildete, ging er von der natürlichen, aber doch nicht factisch erwiesenen Annahme aus, die Molekullen aller Gasarten seyen von gleicher Dimension; oder, falls dieses nicht wäre, hielt er es doch für unmöglich, etwas über den etwanigen Unterschied factisch festzusetzen. Neuere Untersuchungen haben ihn auf folgenden Satz geführt: *Die Molekullen jeder eigenthümlichen Gasart sind rund und von gleicher Dimension unter sich; jede specifisch verschiedene Gasart hat sie aber von verschiedener Dimension unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur.*

In dem *new System of chemical philosophy* wird dieses Resultat nicht ausführlicher angegeben, und der daraus gefolgerte Mechanismus der gemengten Gasarten wird ebenfalls kaum angedeutet, indem Dalton auf den ersten Band der *Manchester Memoirs new Series* S. 284 zurückweist, der uns nicht zu Gesicht gekommen ist \*).

\*) Die drei hierher gehörigen Abhandlungen Dalton's aus dem ersten Bande der Neuen Folge der *Memoirs of the*

Der Weg, auf welchem er zur Schätzung der verschiednen Dimensionen der Molekullen gelangt seyn will, ist folgendem Schlusse analog. Wenn ein Gemenge von 1 Maas Stickgas und 1 Maas Sauerstoffgas augenblicklich vereint werden könnten, so würden sie beinahe genau zwei Maas Salpetergas geben, die Anzahl der Molekullen des Salpetergas kann aber nach der Vereinigung höchstens nur die Hälfte seyn von der Summe der Theilchen, welche die beiden Gasarten früher hatten. Aus ähnlichen Betrachtungen folgert er, daß weder bei gleichem Volum noch bei gleichem Gewicht je zwei verschiedne Gasarten dieselbe Anzahl von Theilchen haben, das heißt, die Theilchen jeder specifisch verschiednen haben verschiedene Dimensionen.

Bei einer ungemengten homogenen Gasart lagern sich die globularen Theilchen in horizontalen Stratis; je vier Theilchen bilden ein Quadrat; in der folgenden Schicht ruht jedes Theilchen auf viere

*litter. and philos. Soc. of Manchester*, auf welche Dalton sich hier beruft, habe ich den Lesern dieser *Annalen* schon vor einigen Jahren mitgetheilt; nämlich: *Ueber das Verhältniß, wonach die elastischen Flüssigkeiten, welche die Atmosphäre bilden, in ihr vorhanden sind* (J. 1807. St. 12. od. B. 27. S. 369.); *Ueber das Bestreben der elastischen Flüssigkeiten, sich durch einander zu verbreiten* (daf. S. 388.); und *Ueber die Absorption der Gasarten durch Wasser* (J. 1808. B. 28. S. 397). In letzterer findet man am Ende seiner Theorie S. 412. das Verhältniß der Gewichte der *kleinsten Theilchen* von gasförmigen und andern Körpern angegeben. Gilbert

der untern Schicht; die Berührungspunkte mit diesen sind um  $45^\circ$  erhaben über die Fläche, die durch die Mittelpunkte der vier untern Theilchen gelegt wird; daher ist die Gleichförmigkeit des Drucks nach allen Seiten herzuleiten. Wenn nun in einem Gefäße ein Maas einer heterogenen Gasart hinzugemengt wird, dann kömmt eine Fläche, bestehend aus globularen Theilchen von irgend einer Dimension, mit einer Fläche, bestehend aus Theilchen von einer andern Dimension, in Berührung; die Berührungspunkte der heterogenen Theile bilden nunmehr ganz verschiedene Winkel, welche von  $40^\circ$  bis  $90^\circ$  abweichen können; dadurch wird das Gleichgewicht des Drucks gestört, und es entsteht eine innere Bewegung, welche die Theilchen des einen Gas zwischen die des andern eindringen macht, und so von Schicht zu Schicht, bis in dem verschlossenen Gefäße die Theilchen an die Flächen des Gefäßes gelangen, gegen welche sie sich stützen; und dann ist Gleichgewicht da, wenn die heterogenen Theilchen gleichförmig durcheinander vermengt sind. In der freien Atmosphäre hingegen kann das Gleichgewicht nicht eher Statt finden, als bis die Theilchen zu einer Höhe gestiegen sind, wo sie durch ihre eigne Schwere zurückgehalten werden, das heißt, bis sie eine eigene Atmosphäre constituiren.

Diese Darstellung, die ich mit möglichster Treue übertrage, ist im angeführten Werke von so unbefriedigender Kürze, daß ich frei gestehen muß,

V  
4  
0  
  
1  
8  
1  
2  
XUM

nicht einmal einsehn zu können, wie Dalton noch befugt sey zu behaupten, die *Diffusion der heterogenen Gasarten* rühre blos her von der *Repulsion der homogenen Theile*; denn entweder ist hier gar keine elastische Repulsion im Spiele, oder sie rührt gleichmäfsig her von den Theilchen der heterogenen Gasarten unter sich. Noch viel weniger gelangt man durch Dalton zu einer klaren Einsicht in das Detail der neuen Hülfs-hypothese.

Auf jeden Fall verliert eine Theorie alles Einladende, wenn sie zu einer so wilden und willkürlichen Atomistik, aus der sich alles machen läßt, ihre Zuflucht nehmen muß; und diese neuen Gestaltungen scheinen mir ganz geeignet zu seyn, für Deutschland die letzte Periode des glänzenden Meteors herbeizuführen.

## 3.

Doch, Dalton's Hygrologie mag fallen, oder durch eine Reihe anderweitiger Modificationen ferner bestehen; wir wollen sie nunmehr für diesen Augenblick als die Metaphysik oder *Scientia prima* seiner *Hygrometrie* betrachten, durchaus unentbehrlich zu ihrer wissenschaftlichen Vollendung, aber nicht zu ihrer factischen Entstehung und ersten Begründung. So wie die unmittelbare Beobachtung feste Punkte für das Thermometer, und mittelst der so entstandenen provisorischen Skale eine Reihe von Messungen und Bestimmungen gab, aus deren Vergleichung und Berechnung erst die Ther-



mologie hervorgehen wird; eben so könnte eine hygrometrische Methode, wenn sie nur von directen Wahrnehmungen und factischen Bestimmungen ausginge, um vergleichbare Beobachtungen zu liefern, einen grossen Nutzen stiften, wenn auch die hygrologischen Principien, auf welche sie endlich zu reduciren seyn wird, noch nicht mit genügsamer Klarheit bestimmt wären; ja selbst wenn die ursprüngliche Theorie dieser Methode mit falschen hygrologischen Prämissen verflochten wäre.

Es mag also der Wasserdampf durch seine bloße Expansibilität, oder mit Beihülfe chemischer Kräfte, oder auf was für Art man wolle, in der Atmosphäre seinen Ursprung nehmen und bestehn, so kann man doch den Grad seiner Expansibilität bei verschiedenen Temperaturen durch den Versuch bestimmen; man kann ebenfalls durch den Versuch die Quantität der Ausdünstung für jeden correspondirenden Grad der Temperatur des Wassers finden; man kann durch einen einfachen und ziemlich directen Versuch den Grad der Expansibilität des bereits in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfs durch Condensation auffuchen, und endlich diesen mit der Menge des verdunsteten Wassers zusammenhalten.

Der Unterschied zwischen der normalen, zur gegebenen Temperatur gehörigen Menge der Ausdünstung und der durch die individuelle Beobachtung gefundenen, giebt die Menge des in dieser Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfs, gleich-

V  
4  
0  
  
1  
8  
1  
2  
XUN

viel ob dieser das häufigere Verdampfen hemmt durch weiter vorgerückte Sättigung der Luft, oder durch größeren elastischen Druck des bereits bestehenden Dampfes auf den eben entstehenden.

Die Elemente dieser Dalton'schen hygrometrischen Methode sind nicht neu; schon Le Roy suchte den Feuchtigkeits-Grad der Luft durch den Condensations-Punkt des Dampfes an einem kälteren Körper zu bestimmen, und Saussure wog vergleichend Gewebe, die er mit Wasser benetzte, um aus der Quantität des verdunsteten auf den Grad der atmosphärischen Trockniss zu schließen.

Dalton's ausgezeichnetes Verdienst ist, die beiden Thatfachen, welche bis dahin isolirt standen, verbunden zu haben, so daß die sie darstellenden Reihen eine sogenannte Tafel mit doppeltem Eingang bilden, wo man stets vom gegebenen Condensationspunkt auf die Wassermenge, die verdunsten sollte, schließen kann, und umgekehrt. Nur unter dieser Bedingung konnte man ferner von der individuellen in einem Falle gegebenen Condensation, oder von der beobachteten Verdunstungsmenge auf den wahren hygrometrischen Zustand der Luft schließen.

Das Band zwischen den Reihen der Condensations-Punkte und der Verdunstungsmengen, die Seele also der ganzen Dalton'schen Hygrometrie, ist die Tafel der durch Beobachtung bestimmten Expansibilität des Wasserdampfes im luft-

leeren Raume für jeden Grad der Temperatur \*). Diese Tafel aber ist bekannt durch die ungemeine Paradoxie ihres Resultats. Sie giebt für die Ausdehnungen des Wasserdampfs eine Progression, welche nicht die geometrische ist, indem die Exponenten bei steigender Wärme bis zu einem gewissen Punkt in arithmetischer Progression abnehmen, so daß bei einem gegebenen Punkte die Expansivkraft stationär wird, und nicht weiter zunimmt. Diese höchst sonderbare Erscheinung, (wenn sie nämlich Realität in der Erscheinung haben sollte, wie Herr Soldner sehr geneigt ist es zu erwarten \*\*), liesse sich nur herleiten von einer wechselseitigen Anziehung der Dampftheilchen, die jeder Expansion desselben entgegenwirkte, bei einer gewissen relativen Entfernung aber durch correspondirende Abnahme der Repulsion des Wärmestoffs ihr Maximum erreichte: nur so wäre es allenfalls denkbar, daß das Wasser als Dampf ein ähnliches Phänomen als im tropfbaren Zustand darböte, wo auch in einem gegebenen Punkt der Skale durch verminderte Wärme eine Expansion bedingt wird. Doch liegt hierin nicht die mindeste Wahrscheinlichkeit; der thermometrische Gang aller Gasarten ist entschieden dawider; am allerwenigsten aber dürfte Dalton auf diese Rechtfertigung seiner Paradoxie provociren, da sie nur in der Auflösungs-Theorie consequent

\*) Man findet sie in ihrer ganzen Ausdehnung in diesen *Annalen* J. 1803 St. 9. oder B. 15. S. 8 f. G.

\*\*) In diesen *Annalen* B. 17. S. 41. u. B. 25. S. 411. G.

*Annal. d. Physik.* B. 40. St. 4. J. 1812. St. 4. E c

wäre, wie wir bei der Widerlegung des Murray'schen und Bertholler'schen Einwurfs so eben von ihm selbst gehört haben. Hr. Soldner scheint mir das Räthsel viel glücklicher gelöst zu haben, indem er geneigt ist, einen Fehler in den *absoluten* Dalton'schen Zahlen zu vermuthen, herrührend von einer Anomalie des thermometrischen Ganges des Queckfilbers. Diese Anomalie hat Dalton von jeher angenommen, und sein *New System of chymistry* ist unter andern höchst interessant durch eine motivirte neue Skale für das Queckfilber-Thermometer. Die dürftigen Stunden, auf welche mir die Benutzung dieses Werkes gegönnt war, haben mir nicht erlaubt, die Vergleichung von *Old Scale* und *New Scale* auf seine Tafel der Expansibilitäten zu beziehen \*); so wie aber die neue Skale die Erkältung der Körper in der Luft in geometrischer Progression giebt, während die alte dieses Gesetz maskirte, so läßt sich ein gleiches auch für den vorliegenden Fall erwarten, obgleich mit weniger Wahrscheinlichkeit. In dieser, wie in sehr vielen andern Hinsichten wird sich Hr. Prof. Wolff ein neues Verdienst um die deutschen Naturforscher erwerben durch die Uebersetzung des Dalton'schen Werks, womit er uns zu beschenken im Begriffe ist, und die baldigst bei Hitzig erscheinen wird.

\*) Man findet einiges über diese neue Thermometerskale in Dalton's Bemerkungen über den absoluten Nullpunkt der Wärme, in *dief. Annal.* J. 1803, od. B. 14. S. 287 f. G.

Da jedoch die Dalton'sche Tafel auf jeden Fall eine sehr nahe Approximation darbietet, so können wir von der eben erwähnten Schwierigkeit kühnlich abstrahiren, wenn von Temperaturen die Rede ist, welche die mittlere atmosphärische wenig übersteigen; und so wären wir endlich durch ein hinlänglich motivirtes Fallenlassen vieler theoretischer Fragen an die wirkliche *Ausübung der Dalton'schen hygrometrischen Methode* gelangt, die den unendlichen Vorzug hat, direct zu seyn, indem sie keinen vermittelnden hygroskopischen Körper anwendet, dessen Sprache erst mühsam und unvollkommen errathen werden muß, und dessen Gang sich meistens mit der Zeit in sich selbst ändert, weshalb ich auch mit der größten Zuversicht an die Ausübung dieser Methode ging, nicht ahnend, daß es einen Umstand giebt, der diese Ausübung höchst schwankend zu machen vermag; um so weniger, da Dalton diese praktische Schwierigkeit nirgends erwähnt.

## 4.

Ich habe in verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Oertern mehrere Reihen von hygrometrischen Beobachtungen (254 an der Zahl) nach Dalton's Methode angestellt. Die zugleich mit dem enthaltenen Wasser genau tarirte Schale hatte dieselbe Oberfläche, nach welcher die Dalton'schen Tabellen berechnet sind, und wurde an einem offenen Fenster jedesmal 15 Minuten der freien Luft ausgesetzt;

Die Gewichtsabnahme suchte ich bis auf ein Zehntelgran englisch Gewicht, berechnete den zu dieser Verdampfungs-Menge bei gegebener Temperatur gehörigen Condensationspunkt nach den Tabellen, und bestimmte endlich den wahren Condensationspunkt durch den Versuch. So wurde jede Beobachtung in ein tabellarisches Tagebuch eingetragen, nach folgenden Rubriken: Tag, Stunde und Minute; — Meteorologischer Zustand nach Hygrometer, Barometer, Elektrometer und Richtung und Stärke des Windes; — Temperatur des Wassers, gleich gemacht der der Atmosphäre; — Absoluter Verlust während einer Viertelstunde; — Auf die Minute reducirter Verlust; — Verlust, wie er blos in Hinblick auf die gegebene Temperatur nach Dalton's Tabelle seyn sollte; — Differenz — hierzu gehöriger Condensationspunkt nach der Tabelle; — durch den Versuch gefundener Condensationspunkt; — Differenz.

Sehr bald ward ich gewahr, daß bei unveränderter Temperatur, sowohl des Wassers als der Atmosphäre, an einem und demselben Orte, in mehreren unmittelbar auf einander folgenden Beobachtungen, die Quantitäten des verdunsteten Wassers sich oft über alle Erwartung unverhältnißmäßig ändern, während sie zu andern Zeiten fast übereinstimmend gefunden werden. Als Beispiel dieser Abweichungen mögen folgende Fälle dienen:

Es verdunstete in den einzelnen auf einander folgenden Viertelstunden Wasser:

	in der ersten	in d. zweiten	in d. dritten	in d. vierten
a) 3,7 engl. Gran	6,4 engl. Gr.			
b) 2,0 —	3,3 —	0,6 engl. Gr.		
c) 13,4 —	10,5 —	17,5 —	12,2 engl. Gr.	
d) 12,0 —	5,5 —	7,0 —	11,2 —	
e) 13,3 —	9,0 —			

Dergleichen sonderbare Anomalien in der Quantität des verdunsteten Wassers kamen vor bei allen Temperaturen und in allen Jahreszeiten ohne wahrnehmbaren Unterschied. So z. B. waren die zuerst angeführten Beispiele aus einer Reihe von Winterbeobachtungen im December entlehnt, die andern gehören dem July, August und September an.

Auch sind diese Abweichungen vom barometrischen Zustande der Atmosphäre unabhängig. Zwar läßt Dalton die Barometer-Beobachtung bei der Ausübung seiner Methode ganz wegfallen; jedoch vielleicht mit Unrecht, wie Hr. Soldner gezeigt hat; denn da das Sieden bei ganz andern Temperaturen eintritt, je nachdem der Druck stärker oder geringer ist, so muß derselbe Umstand auch Einfluß haben auf die verdunstende Wassermenge auch bei niedrigeren Temperaturen; und es liegt selbst in Dalton's Hygrologie nichts, was die Möglichkeit dieses Einflusses widerlegte. Da die Masse der Sauerstoffgas- und Stickgas-Atmosphäre durch zu überwindende Trägheit ihrer Molekullen dem Expandiren des Dampfes ein Hinderniß dar-

bietet, so muß selbst nach ihm der barometrische Zustand nur als Indication des Manometrischen einen Einfluß behaupten, wenn die Verdunstung im Freien geschieht. Indessen ist von der andern Seite leicht begreiflich, daß es mir in den meisten Fällen nie gelungen sey, von einer Vierteltunde zur andern irgend einen Unterschied in der Barometerhöhe wahrzunehmen, geschweige denn einen solchen, der den so bedeutenden Abweichungen der Verdunstungs-Mengen entspräche. Ein Wasser- oder Oel-Barometer, vollends wenn es sich in eine morandische geneigte Röhre endigte, würde allerdings, selbst in so kleinen Zeiträumen, immer fort sehr wahrnehmbare Aenderungen des Drucks anzeigen, und es wäre allerdings von großem Interesse, diese mit den Ausdünstungs-Mengen im Freien unter günstigen Umständen, das heißt, bei völliger Abwesenheit aller Luftströmung, zu vergleichen.

Eben so wenig hängt die Verschiedenheit in den Ausdünstungs-Mengen für uns von dem wahrnehmbaren elektrischen Zustande der Atmosphäre ab. Ich habe sehr oft, während diese Anomalien am bedeutendsten waren, durch die besten Mittel, die uns zur Zeit zu Gebote stehn, (was zwar leider nicht viel sagt,) den elektrischen Zustand der Atmosphäre untersucht, und weder in der Menge noch in der Intensität derselben irgend einen correspondirenden Unterschied wahrgenommen. Auch habe ich bei künstlichem Elektrifiziren einer unter ganz gleichen thermometrischen, hygrometrischen



und barometrischen Umständen der freien Luft ausgesetzten Verdampfungs-Schale nie einen Einfluss der Elektrizität auf Verdampfung wahrgenommen. Die mitgetheilte Intensität war so groß, daß man durch die Berührung der isolirten Schale ziemlich starke Funken erhielt.

Deßsen ungeachtet zeigten die Verdunstungs-Mengen in sechs auf einander folgenden Viertelstunden, wo Elektrisirung und Nicht-Elektrisirung abwechselten, keinen darauf Bezug habenden Unterschied der Ausdünstungs-Mengen. Diese waren z. B. in abwechselnder Reihe:

	elektrisirt	nicht elektrisirt
1)	10,0	13,0
2)	10,5	7,8
3)	7,4	6,6

Ein andres Mal war bei 67 bis 68° Temperatur des Wassers die Ausdünstung:

a. elektrisirt	14,0	b. nicht elektrisirt	12,4
—	14,0	—	16,4

Auch ist es mir nie gelungen, bei dem langsamen Verdunstungs-Prozess durch Aussetzung einer isolirten Schale an der freien Luft, selbst mittelst des besten Condensators, eine wahrnehmbare Veränderung des Elektrisations-Zustandes zu erkennen.

Sowohl aus diesem Schluss durch Ausschließung, als aus den gleich zu erwähnenden directen Thatfachen erhellt, daß diese Unterschiede in der Verdunstungs-Menge lediglich von der Veränderlichkeit des Luftzuges herrühren, der an dem offenen Fenster, wo

Dalton die Beobachtung angestellt wissen will, in seiner Intensität und auch in seiner Richtung von Innen nach Aussen oder von Aussen nach Innen sich in vielen Fällen so bedeutend ändert.

Zwar hat Dalton diesen Einfluß des Luftzuges auf die Ausdünstungs-Mengen berücksichtigt; er giebt in seiner Tabelle zur praktischen Hygrometrie diese Mengen für jeden Grad der Temperatur des Wassers dreifach verschieden an, je nachdem die Intensität des gegebenen Luftzuges eine *kleinste*, eine *mittlere* oder eine *größte* Verdünnung bedingt \*). Die Anwendung dieser Tafel und die Auffuchung der correspondirenden wirklichen Expansibilitäten des atmosphärischen Dampfes in derselben setzt aber nothwendig voraus, daß die Intensität des jedesmaligen Luftzuges bestimmt werden könne. Dieses hätte schon an und für sich seine großen Schwierigkeiten: *ändert sich* aber vollends diese Wirkung so bedeutend, wie wir es oft sahen, von einer Viertelstunde zur andern, so wird sie sich nothwendig auch *eben so* während des Verlaufes der zur Beobachtung verwendeten Viertelstunde geändert haben. Man müßte also, um die Tabelle brauchen zu können, eine mittlere aus diesen verschiedenen Einwirkungen nehmen, welches ganz unmöglich ist, da es kein Mittel giebt, weder die beiden Extreme, noch die Anzahl der Wechsel zu bestimmen. Und auf eine hy-

\*) S. Versuche über die Verdünnung von Dalton, *Annal.* B. 15. S. 121 u. 133. G.

grometrische Methode, deren Ausübung eine solche anemometrische voraussetzte, paßte das *Obscurum per obscurius* nur allzu wohl.

Auch giebt die Tabelle das Maximum des vom Unterschied des Luftzuges herrührenden Unterschiedes der Ausdünstungsmenge viel geringer an, als unsere Versuche ihn geben.

Nach der Tabelle ist dieser für

32°	= 1,74
40	= 1,75
50	= 1,75
60	= 1,75
70	= 1,83
80	= 1,87

Das heißt, bei 40° z. B. ist der Quotient der durch den stärksten Luftzug bedingten Ausdünstungsmenge (= 1,65) dividirt durch 60, die Differenz von 1,65 zu 1,05 als die kleinste Ausdünstungsmenge = 1,75.

Nun aber finden wir bei 43° Temperatur in zwey auf einander folgenden Beobachtungen die Ausdünstungsmenge einmal 3,3; das andere Mal 0,6; Unterschied 2,7; Quotient, 4,5; eine ungeheure Abweichung. Ich gebe zu, daß diese Winterbeobachtung den größten Sprung der Art gab, den ich je wahrgenommen, und auch, daß gegen das Ende der zweiten Beobachtung, welche eine so geringe Ausdünstung gab, ein feiner Regen in Gestalt eines starken Nebels anfang sich niederzuschlagen. Aber in vielen andern Beobachtungen, wo nichts dergleichen Statt fand, ergaben sich ebenfalls solche bedeutende Unterschiede, die das von der Tabelle angenommene Maximum weit übersteigen.

So z. B. bei 63. (Wasser und Atmf. im Schatten) in einer Viertelstunde, Verlust durch Ausdünstung 11,5

Gran, in der nächstfolgenden 4,8. — Unterschied 3,5 — Quotient 2,2. — Nach der Tabelle sollte er selbst bei den beiden Extremen des Luftzuges seyn 1,75.

Wir dürfen also bei der Ausübung dieser Methode noch nicht hoffen, daß die durch den Versuch gefundenen Condensations-Punkte mit denen nach der Dalton'schen Tafel aus der Ausdünstungs-Menge berechneten stets stimmen werden, theils weil die wandelbare Einwirkung des Luftzuges eine solche Zufälligkeit hervorbringt, daß nur die mittlere aus sehr vielen Beobachtungen eine passende Näherung geben kann zur Bestimmung der Spalte, wo wir den gegebenen Fall in der Tabelle aufsuchen haben; theils auch, weil bei Berechnung derselben Dalton die beiden Extreme der Einwirkung des Luftzuges zu gering angenommen hat.

Im Allgemeinen giebt seine Tabelle den Condensations-Punkt des Dampfs meistens zu hoch gegen dasjenige, was ich durch unmittelbare Beobachtung gefunden habe, und zwar im Durchschnitt um 3 bis 4 Fahrenheitische Thermometer-Grade größer; viel seltener giebt ihn die Berechnung niedriger als die Beobachtung. Aber schon diese Approximation selbst, (noch mehr aber die vielen Fälle, wo der nach der Tabelle für die gegebene Ausdünstungs-Menge berechnete Condensations-Punkt mit dem durch den Versuch gefundenen genau übereinstimmt,) lassen uns den innern Werth der Methode nicht verkennen, und machen es uns

zur Pflicht, alles anzubieten, um den so schädlichen Einfluß des wandelbaren Luftzuges (wahrscheinlich das einzige, was ihr noch unvermuthet in den Weg tritt und uns vom Ziele entfernt hält) zu beseitigen.

Schon habe ich gefunden, daß die Beobachtungen viel besser unter sich stimmen, wenn sie in ganz freier Luft und nicht am offenen Fenster angestellt werden, wo das stete Hin- und Herströmen der Luft schon im Allgemeinen einen unnatürlichen Zustand bedingt, selbst abgesehen vom schädlichen Einfluß auf jede Beobachtung insbesondere. Nun aber tritt die praktische Schwierigkeit ein, daß es meistens unmöglich ist, in freier Luft genau zu wägen; soll man nun jedesmal die Ausdünstungs-Schale aus der freien Luft wieder in das Zimmer tragen, so vergeht viel Zeit, die Schale kommt in ganz verschiedene Temperaturen, das Tragen verursacht Schwankungen; und während allem diesem geht die Verdunstung einen gestörten Gang, so daß wir durch die nachherige Abwägung nicht den wahren Verlust während der bestimmten Zeit im Freien mit gehöriger Genauigkeit bestimmen können. Eine Ausdünstungs-Schale, die man mit dem enthaltenen Wasser genau abgewogen, erst am Orte der Beobachtung öffnen, und sogleich nach abgelaufener Zeit der Beobachtung wieder dampfdicht verschließen könnte, würde diesem Mangel abhelfen, und von großem Nutzen seyn. Auch würde eine Tralesche Senkwage das Abwägen in ganz freier,

selbst unruhiger Luft gewissermaßen erlauben, wenn man sich vorläufig mit einer Hülftabelle für die Veränderungen der Temperatur des Wassers zur größern Bequemlichkeit versehen hätte.

Besser wie alles dieses wäre es aber, wenn man der in Hinsicht auf die Verdunstung zu prüfenden Luft bei jeder Beobachtung einen gleichen Grad der Bewegung, einen gleichen bestimmbaren Zug mittheilte. Wenn z. B. die Schale in einem unten offenen Cylinder angebracht wäre, dessen oberes Ende sich in einem Behälter endigte, worin ein Montgolfier'scher Centrifugal-Ventilator durch ein Räderwerk bewegt, eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen in der Minute machte. Dieses Mittel, einen bestimmten Zug zu erregen, ist dem einfacher scheinenden eines Balges hier vorzuziehen, weil bei der vorgeschlagenen Vorrichtung die aspirirte Luft, welche die Schale erreicht, noch mit keinem andern Körper in Berührung gekommen ist, von dem man befürchten könnte, daß er einen Theil ihres Dampfes durch hygroskopische Wirkung entzogen, und so eine andere Expansibilität des übrig bleibenden bedingt hätte, als in der freien Atmosphäre Statt findet.

Aber selbst eine solche Vorrichtung würde doch kaum hinlänglich seyn, die Ausdunstungs-Mengen mit Sicherheit zu bestimmen in den für Theorie und Praxis so wichtigen Fällen, wo die Temperatur des Wassers die der umgebenden Luft bedeutend übersteigt. Dieser Fall kommt zwar in der gewöhn-

lichen praktischen Anwendung dieser hygrometrischen Methode nicht vor, wo man das Wasser immer von gleicher Temperatur mit der umgebenden Luft wählen soll. Um so mehr aber tritt er ein, wenn zur ursprünglichen Construction der Tafel, oder zur nachherigen factischen Verification derselben, die verdunstete Menge des Wassers von 212, 180, 164 Graden durch Beobachtung bestimmt werden soll.

Was ich unter solchen Umständen sich ereignen sah, ist so auffallend, daß ich nicht mehr gut begreifen kann, wie Dalton zur genauen Bestimmung dieser Quantitäten gelangen konnte, so daß ich vielmehr bedeutende Zweifel gegen ihre Richtigkeit hege. Ich ließ nämlich ein Zimmer heizen: Temperatur  $78^{\circ},5$ ; füllte die Schale mit Wasser von  $84^{\circ}$  Grad und brachte sie mit einem Thermometer versehen, an der Wage in Gleichgewicht; durch mehrere unterzulegende durchheizte Metallplatten, die ich zur Hand hatte, erhielt ich während des ganzen Verlaufs der Beobachtung das Wasser in derselben Temperatur. In drei auf einander folgenden Versuchen, deren jeder eine Viertelstunde dauerte, war die verdunstete Menge

1ste Viertelstunde	9,8 Gran.
--------------------	-----------

2te — — —	10,5 —
-----------	--------

3te — — —	10,5 —
-----------	--------

Nun brachte ich den ganzen Apparat in das kältere Nebenzimmer. Temperatur  $64^{\circ},3$  bis  $64^{\circ},6$ ; also Differenz mit dem warmen  $14^{\circ},0$ .

Das Wasser wurde wieder, wie vorhin, auf  $84^{\circ}$  erhalten, und es fand sich die

1ste verdunstete Menge	17,2
2te — — — —	17,0
3te — — — —	16,3

Dafs in der um  $14^{\circ}$  kälteren Luft die Verdampfungsmenge beinahe das Doppelte seyn könne ( $17,2 : 9,8$ ) von der in der wärmern, war mir unerwartet, um so mehr da das Saussure'sche Hygrometer im kältern Zimmer auf 77, im wärmern auf 75 kam, und läßt sich lediglich durch die Luftströmung erklären, welche durch die höhere Temperatur des Wassers verursacht, in der kältern Luft stärker seyn mußte als in der wärmern.

Leslie behauptet, dafs, wenn man die Wärme, die ein Körper in kälterer Luft verliert, = 1000 annimmt, 0,217 dieses totalen Verlusts durch die eingeleitete Strömung der Luft bewirkt sey, und er nennt diesen Theil des Verlusts *Reception*, um ihn von dem durch *Abduction* (Fortleitung), und dem durch Strahlung der Wärme zu unterscheiden. Dafs aber dieser Verlust wegen der Strömung durchaus kein constanter aliquoter Theil seyn könne, und sich mit der Temperatur anders ergeben müsse, scheint mir klar zu seyn. In jedem Fall ist die Anwendung davon auf die Ausdünstungsmenge leicht, und hinreichend um den eben erwähnten Versuch zu erklären. Denn sind alle übrigen Umstände gleich, und man ändert nur durch mechanische Mittel die Strömung



der Luft, so ergeben sich sogleich ungemein große Unterschiede der verdunsteten Mengen. Z. B. in einem Zimmer von  $76,6^{\circ}$  verlor Wasser von  $85^{\circ}$  in einer Viertelstunde  $10^{\circ},5$ ; und in der gleich darauf folgenden, wo dieselben Temperaturen beybehalten wurden durch untergelegte Metallplatten, bewirkte das Anhauchen eines Balges einen Verlust von  $28^{\circ},3$ . Es ergeht hieraus zur Genüge die große Unsicherheit der Dalton'schen Methode, bis man ein Mittel gefunden haben wird den Luftzug in jedem einzelnen Falle zu reguliren oder zu messen. Dafs aber die bis jetzt üblichen hygrometrischen Methoden noch viel schlechter und unzuverlässiger sind, folgt daraus, dafs ein Saussure'sches Hygrometer von dieser Einwirkung des Luftzuges auf das Ausdunsten des Haars nicht die mindeste Anzeige giebt. Der Vorzug also dieses Instrumentes, dafs es frey sey von den Anomalien, welche die Dalton'sche Methode betreffen, ist blos scheinbar, und Folge der allgemeinen Unempfindlichkeit für feinere Unterschiede in den Mengen, die es angeben sollte.

Dalton hat auf die Temperatur der umgebenden Luft nicht Rücksicht genommen, als er die Verdunstungsmengen für Wasser von  $212^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $164^{\circ}$ , bestimmte, aus denen nachher die ganze Tafel der Verdunstungsmengen durch Interpolation abgeleitet wurde. Er schätzte blos die etwanige Stärke des jedesmal statt findenden Luftzuges nach äufseren allgemeinen Bedingungen; ob nämlich bei verschlof-

fenen Thüren und Fenstern, oder unter einer Feuerstätte, oder bei offenem Fenster und heftigem Winde beobachtet wurde. Es läßt sich aber erwarten, daß seine gefundenen Quantitäten bloß auf die damalige Temperatur dieser so oder so mechanisch strömenden Luft passen, und daß sie anders ausgefallen wären, wenn zu den äußern Ursachen der Strömung noch ein anderer Werth der sehr bedeutenden thermo-aerostatischen Strömungen hinzugekommen wären, durch größere oder geringere Abstände zwischen Wärme des Wassers und Temperatur der umgebenden Luft. Hätte uns nur Dalton wenigstens mit derjenigen Temperatur der Luft, bei welcher er die Beobachtung anstellte, bekannt gemacht, so könnte man doch diesen Grad als normal für seine Tabelle gelten lassen, aber selbst dieses erfahren wir nicht. Ich nehme mir vor, bei Gelegenheit der Winterkälte einige Beobachtungen obiger Art bei noch größeren Temperatur-Unterschieden der umgebenden Luft anzustellen, um auszumitteln, wo das Maximum für den erwähnten Effekt Statt finden wird, so daß die verdunstete Menge des Wassers von höherer Temperatur als die umgebende ruhige Luft, in der wärmeren Luft sich größer ergeben wird, als in der kälteren. Sollte sich aber das Gegentheil davon bei allen Temperatur-Unterschieden eben so zeigen, wie bei denjenigen, wo ich beobachtete, so könnte daraus allerdings ein bedeutender Einwurf gegen die Auflösungstheorie erwachsen.

Diese Gesetze der Ausdünstung für den Fall, wo der gegebene Körper in einer constanten Temperatur erhalten wird, die höher ist als die der umgebenden Luft, haben übrigens ein ganz specielles Interesse für die Physiologie der warmblütigen Thiere. So ist z. B. nach Fourcroy's Theorie, welche auf die Behandlung mehrerer Krankheiten, und namentlich des Scharlachs, von bedeutendem Einfluß war, die Wirkung der warmen Bedeckungen und des Aufenthaltes in warmen Betten eine Hemmung oder doch eine Verminderung der Hautausdünstung, während durch freie, selbst kalte Luft die Transpiration befördert wird. Fourcroy stützt sich hierbei auf die Auflösungs-Theorie, als wenn diese selbst erwiesen wäre, und als wenn sie bewiesen hätte, daß Verdampfung nie anders als durch Vermittelung der Luft Statt finden könne. Aber das wahrhaft Auffallende hiebei und fast Unglaubliche ist, daß Fourcroy nichts destoweniger auf die quantitativen Resultate der Lavoisier- und Seguin'schen Beobachtungen baut, als auf das genaueste, an das wir über diesen Gegenstand uns zu halten haben; und doch wurde das zu diesen Versuchen bestimmte Individuum in einen vollkommen luft- und dampfdichten Sack von Wachstafel gehüllt mit Ausschluss, bloß der Respirationswerkzeuge. Es zeigt sich aber in unsern Versuchen, daß, abgesehen von der Auflösungs-

Theorie, welche eigentlich gerade gegen Fourcroy's Annahme die Ausdünstung in kälterer Luft geringer als in wärmerer geben müßte, der Umstand, daß an der minder bedeckten und mit schlechten Wärmeleitern umgebenen Fläche des Körpers eines warmblütigen Thieres eine Luft-Strömung eingeleitet wird, welche größer in der kältern als in der wärmern Luft ist, in der That eine stärkere Ausdünstung im ersten Fall als im zweiten verursacht werden muß.

---

E  
An  
ti  
tu  
mi  
wü  
es  
bel  
ten  
für  
da  
felt  
zie  
sich  
unf  
aus  
als  
Spi  
feix  
kra

## IV.

*Die Stoßgesetze harter Körper,  
aus der mechanischen Hauptgleichung erwiesen*

vom

Commissionsrath von BUSSE,

Prof. der Mathem. und Physik in Freyberg.

Einige der letztern Monate habe ich, so viel es meine Amtsgeschäfte erlaubten, auf Widerlegung der *Kantischen metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft* verwandt, und während dieser Arbeit mich sehr wohl befunden. Bei einem so achtungswürdigen und so consequenten Schriftsteller, als Kant es war, pflegt das Niederreißen seines Irrthums am besten zu lohnen; auch blieb es mir durchaus einleuchtend, daß meine Widerlegung unwiderleglich sey; und für nützlich durfte ich doch wahrlich auch es halten, daß die einzige namenswerthe Autorität, welche das seltsame Zwillingspaar der *zurückstoßenden und anziehenden ursprünglichen Kräfte* der Materien für sich hat, — das Vorurtheil, der Glaube, durch den unsterblichen Kant die Allgemeinheit dieser Kräfte aus Begriffen a priori erwiesen zu sehen — durchaus als irrig dargestellt, und somit das leichte Manichäer-Spiel des physikalischen ursprünglichen Dualismus an seinen gehörigen Ort als ein abenteuerlicher Wortkram verwiesen sey!

Nach beendigter Arbeit aber hatte ich eine Erfahrung zu machen, wie sie wohl so manchem wissenschaftlichen Schriftsteller in Deutschland drückend fallen mag. Eine sehr solide Buchhandlung erwiederte mir: „wenn man ja noch für die nächste Messe einen Verlag wagen wolle, so müsse man zu solchen Schriften greifen, für welche ein größeres Publikum, als das mathematische und philosophische, zu hoffen sey!“ Indem hierdurch der Abdruck meiner Schrift bis Michaelis verzögert wird: so will ich gerade den einzigen Theil derselben, bei welchem ich einige Gegenerinnerungen für möglich halte, hier den Sachverständigen vorlegen, und mir ihr baldiges Urtheil darüber erbitten; obgleich gerade dieser Theil kein wesentliches Stück in meiner Widerlegung des Kant'schen Systems ausmacht.

---

*Unendlich große Kräfte sind möglich, ohne  
dass wir als solche sie wahrnehmen können.*

Dass für Geschwindigkeitsänderungen, wenn sie von endlicher Größe in einem Augenblicke vor sich gehend seyn sollten, unendlich große Kräfte erfordert würden, ist ein Satz, der durch die Zweideutigkeit seiner Ausdrücke auch andere Philosophen und Mathematiker zu eben dergleichen Fehlschlüssen veranlasst hat, als wir bei dem Verfasser vorfinden. Man bedenke, dass nur einige von diesen Veränderungen gerade Geschwindigkeits-*Vermehrungen* ausmachen, andre dagegen nur *Ver minderungen* sind; man bedenke ferner, dass jede

Geschwindigkeit nach Richtung und Intensität veränderlich ist, und es plötzliche Richtungsänderungen nothwendig geben muß, mit welchen eine eben so plötzliche Intensitätsveränderung wesentlich verbunden ist, wie wir beides oben erwiesen haben; man bedenke endlich, daß wir von den Kräften nichts als ihre Wirkungen kennen, diese aber theils statisch, theils mechanisch sind, und wir, um aus diesen mit Zuverlässigkeit auf jene zu schließen, an die Schwerkraft unsrer Erde uns halten müssen: so hat man die gehörigen Gesichtspuncte gefaßt, um den Satz auf seine Wahrheit einzuschränken, und die gewöhnlichen schwankenden und unrichtigen Folgerungen aus ihm zu vermeiden.

Endliche Kräfte, sagt man, und so schließt auch Kant, können Bewegung durch endliche Räume nur in einem endlichen Zeitverlaufe verursachen, folglich auch dergleichen Bewegungen nur in einer endlichen Zeit vernulien; daher man eine unendlich große Kraft haben müßte, um Bewegung durch eine endliche Raumlänge in einem Augenblicke aufzuheben. Die Prämisse wird von ihm allerdings auf die Schwerkraft unsrer Erde begründet, und von dieser Kraft (mit Recht) vorausgesetzt, daß sie absolut und stetig wirkend (entweder wirklich) sey (oder doch dafür gelten könne). Nachdem ich oben schon so häufig zwischen *Bewegtheit* und Bewegung, *Geschwindigkeit* und Geschwindigkeitsmaas unterschieden, auch an den strengen Begriff des *Augenblickes*, als eines *Zeitpunctes*, er-

innert habe; so kann ich hier sehr kurz behaupten: Bewegung ist es nicht, was man als die einfachste und die reinste Wirkung der Schwerkraft zu betrachten hat. Denn eben deshalb, weil diese Kraft in jedem *Augenblicke* wirksam seyn soll, so muß auch das, was sie darin bewirkt, nur ein Zustand des Augenblicks seyn. Erst nach einem endlichen Zeitverlaufe kann durch ihre Wirkungen eine endliche Geschwindigkeit des ihr überlassenen Körpers entstehen, welche ebenfalls an und für sich noch keine Bewegung, sondern nur Bewegtheit, ebenfalls nur ein Zustand des Augenblickes ist, der erst durch seine Fortsetzung während irgend einer endlichen Zeiteinheit den Körper eine endliche Raumlänge durchlaufend macht, und so *Bewegung* erst zur Folge hat.

Da man fernerhin auch zugeben muß, daß in jedem *unendlich kleinen* Zeitverlaufe auch eine völlig absolut und stetig wirkende Schwerkraft nur *unendlich kleine* Geschwindigkeiten, also auch nur *unendlich kleine* Geschwindigkeits-*Änderungen* bewirken kann, so kann dasjenige, was in dem Anfange dieser unendlich kleinen Zeit, einem Augenblicke und Zeitpuncte im strengsten Verstande, bewirkbar ist, auch eine nur unendlich kleine Geschwindigkeit wiederum noch nicht, sondern nur ein Etwas seyn, was man entweder ein *Bestreben nach Geschwindigkeit*, oder noch besser, einen *Trieb* nennen mag. Will man wissen, was das eigentlich sey, so ist so viel gewiß, daß es selbst



schon eine *Geschwindigkeit*, auch eine nur *unendlich kleine* noch nicht seyn könne; denn auch eine nur unendlich kleine *Geschwindigkeit* ist ja immer schon eine Folge aus jenem Triebe und seiner Fortsetzung durch eine unendlich kleine Zeitdauer, *nebst* der in ihr wirklichen Trägheit, daher man durch eine gedachte Fortsetzung dieses Zustandes (dieser *Geschwindigkeit*) während einer endlichen Zeit, durch die darin erfolgende gleichförmige Bewegung, immer nur die *Folge jener Wirkung* des Schwerkrafttriebes aufgefaßt erhält, welche selbst schon eine *Folge* aus jenem Triebe und einem unendlich kleinen Zeitverlaufe mit der darin aufammelnden Trägheit war.

Schlechterdings also nur dadurch, daß wir alle jene auch unendlich kleine *Geschwindigkeitserzeugungen* in dem Körper, auf welchen die Schwerkraft wirkt, verhindern, können wir dahin kommen, jenes Bestreben nach *Geschwindigkeit* rein zu erhalten. Was wir aber dann beobachten können, ist lediglich ein *Druck* des Körpers gegen den Widerhalt, der ihn seiner Schwere gemäß sich zu bewegen völlig verhindert. Nicht nur kommt dem Drucke ebenfalls ein Trieb zu, daher man schon deshalb behaupten darf, daß Druck und Trieb einerlei seyn könne: sondern da auch dieser Druck eben der Umstände wegen, unter welchen er entsteht, von dem Zeitverlaufe unabhängig immerfort bleiben und seyn muß, was er ist: so muß er auch deshalb schon ein Zustand des Augenblickes, in je-

dem Augenblicke völlig gegenwärtig seyn, und so muß wenigstens das, was die Schwerkraft, auch indem sie als mechanische Kraft wirksam ist, während eines Zeitverlaufes in jedem Augenblicke desselben bewirkt, *nicht anders als durch einen Druck* können angegeben werden.

Da man nun eine Kraft am besten und unmittelbarsten nach denjenigen reinsten und einfachsten Wirkungen derselben messen und beurtheilen kann, welche, ohne alle Aufsammlung ihrer Wirkungen während eines Zeitverlaufes, schon in jedem Augenblicke ihrer Wirkung sich darstellen: so sollte die Schwerkraft eine *endliche Kraft eben deshalb* genannt werden, *weil* sie, vermittelt eines Körpers von endlicher Größe, nur einen *endlichen Druck* bewirkt.

Da sich aber allerdings erweisen läßt, daß eine andre Kraft  $K$ , welche auf eine Masse  $M$  wirkend, ihr einen Trieb beibringt, der gegen den Widerhalt, durch welchen dieser Trieb in Bewegung überzugehen verhindert wird, einen Druck  $P$  ausübt, daß solche andere Kraft, sage ich, wenn sie ebenfalls absolut und stetig wie die Schwerkraft wirkt, in der Masse  $M$  die Geschwindigkeitsänderung  $dv = 2g \frac{P}{M} \cdot \frac{dt}{1}$  bewirken muß, indem  $2g \frac{dt}{1}$  die Intension der unendlich kleinen Geschwindigkeitsänderung bedeutet, welche eben dieser Masse, wenn sie ihrer Schwere gemäß völlig frei fallen könnte, während einer unendlich kleinen Zeit  $dt$

an demjenigen Orte der Erde erhalten würde, wo ihr Gewicht  $= My$  seyn würde: so hat allerdings auch der Satz seine Richtigkeit, daß jede Kraft  $K$ , die nur einen endlichen Druck  $P$  ausübt, auch in einer unendlich kleinen Zeit nur eine unendlich kleine Geschwindigkeits-Aenderung zu bewirken vermag \*).

Wenn daher ein undurchdringlicher auch völlig harter Körper  $A$ , mit einer gewissen Geschwindigkeit  $C$  auf einen andern ruhenden harten Körper  $B$  trifft, und nun nach gewöhnlicher und richtiger Theorie in dem Augenblick des Stosses die Geschwindigkeit  $C$  in die geringere  $c = \frac{A}{A+B} \cdot C$  verändert wird: so kann diese endliche Geschwindigkeitsänderung  $C - c$  anders nicht, als durch einen *unendlich grossen* Gegendruck des Körpers  $B$  gegen  $A$  erfolgen?! Da die beiden Körper vollkommen hart sind, so müssen sie ja eben deshalb fähig seyn, einen unendlichen Druck zu empfangen,

\*) Der Kürze wegen mußte ich hier vermitteltst einzelner Differentialien mich ausdrücken. In meinen vollständigen Erweisen der Dynamik pflege ich nie aus einzelnen Differentialien, sondern allemal aus Differentialverhältnissen zu schließen, bis zu den Integrationen hin; bei welchen aber wiederum aus der Grösse oder Nichtgrösse der Differentialien gar nichts, sondern alles aus der bloßen *Form* ihrer Function gefolgert wird. Uebrigens ist es wohl bekannt genug, daß durch  $zg$  in Deutschland bedeutet wird, was man unter  $g$  in Frankreich versteht, oder doch beide Ausdrücke eine gleich lange Raumlänge bedeuten. Durch  $zg$  aber bezeichne ich diejenige Geschwindigkeit, deren conventionelles proportionales Maass die Raumlänge  $zg$  ist. v. S.

und einen unendlichen Gegendruck zu leisten. Auch würde gerade dann, wenn sie vollkommen hart wären, dieser Druck und Gegendruck vor sich gehen, ohne irgend durch etwas anders, als durch eine plötzliche Geschwindigkeitsänderung und durch einigen Schall bemerkbar zu werden. Der letztere dürfte gerade bei völlig harten Körpern nicht sehr stark ausfallen können; weil ja sie selbst als völlig harte Körper irgend einer elastischen Zitterung nicht fähig sind. Er kann nur in derjenigen Luft sich erzeugen, welche während ihres Zusammenstoßens etwa zwischen ihnen aufgefangen und zusammengedrückt werden könnte. Durch den Sinn des Gefühls in engem Verstande, empfindbar als unendlich großer Druck, würde dieser Druck es nur werden können, wenn die beiden *völlig harten Körper selbst* auch *Gefühl* hätten! Wollten wir auf unsern eignen Körper einen andern vollkommen harten stoßen lassen, falls wir dergleichen von begreiflicher Größe vorzufinden wüßten: so ist doch unser eigener Körper nicht vollkommen hart; und am wenigsten sind es diejenigen Theile desselben, denen wir unser Gefühl zu verdanken haben. Kurz, es würden täglich unzählig viele unendlich große Drückungen und Gegendrückungen zwischen völlig harten Körpern um uns her vor sich gehen können, ohne daß wir *irgend eine unendlich große Wirkung davon zu bemerken* im Stande wären. Nicht einmal das *Plötzliche* in den Geschwindigkeitsänderungen würden wir als solches

etwa durch unser Gesicht zu beobachten im Stande seyn, weil ja unsere Sehorgane nicht vollkommen hart sind.

Mag es immerhin mir sehr wahrscheinlich seyn, daß selbst die dichtesten uns bekannten Körper, Platin und Gold, von demjenigen Raume, welchen sie einzunehmen uns scheinen, nur einen äußerst kleinen Theil mit ihrer Materie wirklich ausfüllen, und daher nach den gewöhnlichen (und mir sehr wahrscheinlichen) Vorstellungen von der Undurchdringlichkeit der Materie, nur diese wenigen Theile ihres scheinbaren Volumens undurchdringlich, diese aber dann auch *absolut undurchdringlich* sind: so ist es gleichwohl für den mathematischen Naturforscher beachtungswerth, daß die Möglichkeit vollkommen harter Körper schlechterdings nichts wider sich hat; *nicht das Gesetz der Stetigkeit*, indem ich oben erwiesen habe, daß es ungereimt sey, *dieses als ein allgemeines Naturgesetz* behaupten zu wollen; nicht die Besorgniß wegen unendlich großer Wirkungen, indem wir so eben gesehen haben, daß unendlich große Drückungen beim Stosse harter Körper Statt finden können, ohne für die übrige Welt eine unendlich große Wirkung bemerkbar zu machen. Dieses letztere würde nur Statt finden, wenn *solche Kräfte*, die gleich unsrer Schwerkraft *absolut und stetig fortwirkend* wären, in jedem Augenblicke schon einen unendlich großen Druck zu bewirken vermöchten, also auch während eines Zeitverlaufes in jedem Augenblicke desselben

schon eine endliche Geschwindigkeitsvermehrung in dem durch sie bewegten Körper bewirken würden, welche dann während irgend eines Zeitverlaufes vermöge der Trägheit des Körpers aufgesammelt, am Ende desselben schon eine unendlich große Geschwindigkeit, und somit eine unendlich große Raumdurchläufung in einer endlichen Zeit verursachen würden, die man meinetwegen für unmöglich erklären mag.

Hiemit werden wir nun hinreichend durchsehen, was an dem Satze wahr ist, den wir am Anfange dieses Abschnitts aufgestellt haben; das hätte den Erfolg nicht haben sollen, den es bei so vielen Mathematikern und Philosophen gehabt hat; aus Scheu vor unendlich großen Kräften und Wirkungen auf ein Naturgesetz der Stetigkeit zu verfallen!

Da nun ferner durch unsere Erörterungen es einleuchtend geworden ist, daß alle bisherigen und namentlich auch die von Kant aufgestellten Bedenklichkeiten gegen die *Möglichkeit* vollkommen harter Körper wegfallen: so wird es um so mehr gerathen seyn, bei der bisherigen Methode der mathematischen Naturforscher zu bleiben, und die Gesetze des Stosses zuvörderst für vollkommen harte Körper zu bestimmen, bei welchen sie am reinsten und einfachsten vorkommen, und aus welchen dann die übrigen, für weiche und elastische Körper, diesen Begriffen gemäß abzuleiten sind. Daher scheint es mir gar sehr der Mühe werth es darzuthun, daß sich jene Gesetze in der That schon aus der allge-

meinen mechanischen Hauptgleichung ableiten lassen, welches d'Alembert in seinem *Traité de dynamique* für unthunlich erklärt. Bei seinem wohlverdienten Ruhme, den er um die Verbesserung der Mechanik sich erworben hat, mögen vielleicht gerade durch dieses sein Urtheil auch seine Nachfolger veranlaßt worden seyn, hierauf nicht gehörig zu denken, sondern mit dem zerstückelten Systeme zufrieden zu bleiben, nach welchem man bei der übrigen Mechanik sich, um mich kurz auszudrücken, fast nur mit *phoronomischen Surrogaten* behilft, bei den Stoßgesetzen aber einen neuen Grundsatz von gleichbleibender Bewegungsgröße, oder Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung zu Hülfe zu nehmen eben deshalb nöthig fand, weil man diejenige Dynamik, auf welche eigentlich die mechanische Grundgleichung schon sich gründet, nicht mit gehöriger Deutlichkeit beachtet und behandelt hatte. Auch die beiden berühmten, in so vieler Hinsicht bewundernswürdigen Systeme eines La Grange und La Place haben jenes phoronomischen Surrogates sich nicht entledigt, und bedürfen eben deshalb eines neuen Grundsatzes, um die Gesetze des Stosses oder plötzlichen Zuges, oder überhaupt der plötzlichen Einwirkung zweier Körper oder Körpersysteme auf einander zu erweisen. Der neue herbeigeholte Grundsatz liegt als solcher klar vor Augen, wenn man sagt, daß die sogenannten Bewegungsgrößen, die Producte aus den Massen und Geschwindigkeiten, vor und nach

dem Stosse einander gleich bleiben müssen. Er wird in dem Vortrage der Neuern nur etwas mehr versteckt, wenn sie zuvörderst erweisen, daß Wirkung und Gegenwirkung einander gleich seyn müssen, dann aber ebenfalls *annehmen*, daß die *Größen* der *Wirkungen* den *Massen* und *Geschwindigkeiten* *proportional* sind.

Es ist doch etwas werth, wenn dergleichen Zerstückelung des mechanischen Systems vermieden wird; wobei ich voraussetze, daß auch die Gleichgültigkeit der sogenannten Trägheitsmomente, deren man für den Nenner der mechanischen Hauptgleichung häufig bedarf, ebenfalls ohne dergleichen neuen Grundsatz erwiesen werden, welches in der That sowohl für feste als auch für *flüssige* Körper gar wohl geschehen kann \*).

*Beweis der Stossgesetze harter Körper.*

Aus der mechanischen Hauptgleichung  $dv = 2g \frac{P}{M\gamma} \cdot dt$  muß, wenn ihr  $P$  und  $M\gamma$  unveränderlich gegeben sind, auch die integrale  $v = 2g \frac{P}{M\gamma} t + c$  sich ergeben, wo  $c$  diejenige Geschwindigkeit der Masse  $M$  bedeutet, welche sie im *Anfange* der Zeit  $t$ , während welcher die Kraft  $K$ , deren statisches Maas  $= P$  ist, auf sie wirkte, schon hatte, und vermöge der Trägheit fortzusetzen

\*) M. f. meine *Betrachtung der Winterschmidt- und Höllschen Wasserfäulenmaschine* etc. Freyberg 1804. S. 68.



bereit war. Die Geschwindigkeitsveränderung, welche durch die Kraft  $K$  während  $t$  bewirkt wird, ist  $v - c = 2g \frac{P}{M\gamma} \cdot \frac{t}{1}$ , und da hierin  $t$  eine jede, folglich auch eine unendlich kleine Zeitdauer bedeuten kann, die Masse  $M$  aber und ihr Gewicht  $M\gamma$  eine endliche Gröſſe ſeyn ſoll: ſo kann aus dieſer Gleichung allerdings gefolgert werden, daſs ein unendlich Großes  $P$  erfordert wird, wenn in einem Körper  $M$  von endlicher Gröſſe eine endliche Geſchwindigkeitsänderung während einer unendlich kleinen Zeit  $t$  bewirkt werden ſoll.

Wenn daher die endliche Geſchwindigkeit  $a$  eines bewegten harten Körpers  $A$ , in eben dem *Augenblicke*, da er einen ihm im Wege liegenden andern harten Körper  $B$  mathematiſch berührt, eine endliche Geſchwindigkeitsänderung erleiden muß: ſo muß dieſe durch einen *unendlich groſſen Gegendruck*  $-X$  verurſacht werden, der zugleich mit dem Drucke  $+X$  zwiſchen den beiden Körpern  $A$  und  $B$ , wegen des *unendlich groſſen Widerſtandes* ihrer *vollkommenen Härte*, welche zugleich eine absolute gegenſeitige Undurchdringlichkeit der beiden Körperformen ausmacht, gar wohl entſtehen kann.

Indem der Gegendruck  $-X$  in der Geſchwindigkeit  $a$  des Körpers  $A$  die endliche Geſchwindigkeitsänderung  $2g \frac{-X}{M\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  in demjenigen Augenblicke, welchem die unendlich kleine Zeit  $t$  unendlich nahe kommend iſt, bewirkt, ſo daſs da-

durch seine Geschwindigkeit  $a$  plötzlich bis auf die Geschwindigkeit  $= a - 2g \frac{X}{M\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  vermindert wird: so muß dagegen durch den Druck  $X$  in dem Körper  $B$ , welcher ruhend war, also als constanter Integraltheil ein  $c = 0$  hatte, die Geschwindigkeit  $= 2g \frac{X}{B\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  eben so plötzlich bewirkt werden.

Wegen der vollkommenen Härte der beiden Körper muß der Druck  $X$  gerade so groß seyn, daß in diesem Augenblicke des Stosses die Geschwindigkeit beider Körper einander gleich werden, also  $2g \frac{X}{M\gamma} = a - 2g \frac{X}{A\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  sey, welches  $2g \frac{Xt}{1} = \frac{A\gamma \cdot B\gamma}{A\gamma + B\gamma} \cdot a$  fordert, und somit die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stosse  $= \frac{A\gamma}{A\gamma + B\gamma} \cdot a$  bestimmt.

Wenn zwei sehr harte, aber noch nicht völlig harte Körper auf einander stoßen: so wird die Zeit  $t$ , in welcher ihre Geschwindigkeitsänderung bewirkt wird, allerdings sehr klein seyn. Da aber während dieser Zeit doch Druck und Gegendruck bei diesem Stosse noch veränderlich, in seiner Größe wachsend ist: so kann man freilich aus der differentialen Gleichung auf die integrale nicht anders schließen, als daß man für das  $\int P dt$  der letztern den Druck  $P$  als eine Function von  $P$  zu bestimmen weiß. Wenn aber die stoßenden Körper den absolut harten unendlich nahe kommend angenommen werden, und dann  $t$  unendlich klein wer-

dend ist: so kann auch das integrale  $\int P dt$  vom  $= Pt$  nur unendlich wenig verschieden seyn. Von diesen so eben immer härter und härter gedachten Körpern machen die völlig harten die letzten aus, bey welchen dann auch  $t$  zum Augenblicke wird, und  $\int P \cdot \frac{dt}{t} = P \cdot \frac{t}{1}$  auf das vollkommenste seyn muß.

Den einen Körper B habe ich hier ruhend angenommen, weil Kant auf dieses Beispiel sich einschränkt. Es hat aber keine Schwierigkeit, den Beweis so allgemein zu führen, daß auch alle die übrigen Fälle mit umfaßt werden, in welchen auch der andere Körper B stosschicklich mit A schon bewegt ist. Seine Geschwindigkeit vor dem Stosse sey  $= b$ , sie mag nun der  $a$  gleichgerichtet, und dabei dann kleiner als  $a$ , oder ihr entgegen gerichtet, und dann von beliebiger Gröfse seyn: so wird man die im Augenblicke des Stosses sich ergebende Geschwindigkeit des A, wie vorhin,  $= a - 2g \frac{X}{A\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  erhalten, die Geschwindigkeit des B aber  $= \mp b + 2g \frac{X}{B\gamma} \cdot \frac{t}{1}$ .

Wegen der völligen Härte der beiden Körper müssen wiederum beide Geschwindigkeiten einander gleich seyn, welches ein  $2g \frac{X \cdot t}{1} = (a \pm b) \cdot \frac{A\gamma \cdot B\gamma}{A\gamma + B\gamma}$  fordert, und somit die gemeinschaftliche Geschwindigkeit  $x$  nach dem Stosse  $= \frac{aA\gamma \mp B\gamma}{A\gamma + B\gamma}$  bestimmt, das obere Zeichen für den Fall gehörig, da die Geschwindigkeit  $b$  der  $a$  entgegengerichtet ist.

Dieses sind nun die bekannten Gesetze des Stosses zwischen zwei harten Körpern, nur bestimmter als gewöhnlich ausgedrückt; indem sie ausdrücklich behaupten, daß man die Massen, welche sich stoßen, nach ihrem *Gewichte* zu messen hat. Dessen bin ich völlig gewiß, weil ich aus der mechanischen Gleichung gefolgert habe, und durch einen wirklich deutlichen und zuverlässigen Erweis dieser Gleichung es mir gewiß ist, daß in ihr die Kraft  $K$ , von welcher die Masse  $M$  bewegt werden soll, nur vermittelt ihres statischen Druckmaasses  $P$ , und die Masse  $M$  nur vermittelt ihres Gewichtmaasses  $M\gamma$  aufgeführt werden kann und muß.

Aus der erwiesenen allgemeinen Formel kann so gleich gefolgert werden, daß  $(A\gamma + B\gamma).x = aA\gamma \mp bB\gamma$  seyn muß, nämlich diese Producte aus den Massen und ihren Geschwindigkeiten nach und vor dem Stosse einander gleich bleiben müssen; daß also dieser Satz, dessen man zum Beweise der Stossgesetze als eines Axiomes sich zu bedienen pflegt, durch unsern Beweisgang zum Lehrsatze erhoben wird, und zwar wiederum mit der Gewißheit, daß bei ihm die GröÙe der Massen nach ihrem Gewichte zu schätzen ist. Wohl muß ich zugestehen, daß eben diese Gewißheit auch eine Einschränkung auszumachen, unsere Mechanik hiemit nur für *schwere* Massen erwiesen scheinen kann! Gefetzt auch, diese Besorgniß ließe nicht so völlig sich heben, als es durch vollständige Darstellung meines mechanischen

Systems meines Erachtens geschehen könne, so würde gleichwohl jene Gewissheit ihren großen Werth behalten. Denn da wir die innere Natur der Kräfte zu erforschen nicht vermögen, und die einzige Schwerkraft nur von der Art ist, daß wir sowohl ihre statischen als ihre mechanischen Wirkungen sehr vorzüglich genau und zuverlässig wahrnehmen und messen, auch die Gesetze jeder Wirkungsart aus einer hypothetischen Theorie von vorne her, und mit einer äußerst verfeinerten Erfahrung übereinstimmend, zu entwickeln wissen: so müssen wir es wohl für wahren Gewinn halten, wenn wir auch in dem Maasse der WirkungsgröÙe auf die Gewissheit eingeschränkt werden, daß auch hier die Massen nach ihrem Gewichte zu schätzen sind. Doch dieses hier nur nebenher; ich leite hier für meine gegenwärtige Hauptabsicht ein (welche nämlich in meiner Widerlegung des Kant'schen Systems meine Hauptabsicht ausmacht).

Wenn man auf die gewöhnliche Weise das Gleichbleiben der Bewegungsgrößen, vor und nach dem Stosse, als Grundsatz annimmt, und daraus die Gesetze des Stosses ableitet: so wird auf die dabei vorfallenden Geschwindigkeitsänderungen arithmetisch geschlossen, ohne daß man auf den unendlichen Druck und Gegendruck zukömmt, durch welchen bei vollkommen harten Körpern sie bewirkt werden müssen. Nach meinem Beweise steht dieser unendlich große Druck in einer völlig stetigen Verbindung mit dem endlichen Drucke, welcher bei

unfrer Schwerkraft in endlichen Zeiten endliche Geschwindigkeitsveränderungen verursacht. Indem z. B.  $v - c = 2g \frac{X}{A\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  eine endliche Geschwindigkeitsänderung angiebt, also  $\frac{X}{A\gamma} \cdot \frac{t}{1}$  eine endliche Zahl ausmachen muß, der Druck  $A\gamma$  aber, dieses Gewicht eines endlichen Körpers  $A$  allemal endlich ist, so wird auch  $X \cdot \frac{t}{1}$  nur ein endlicher Druck seyn können. Obgleich für die Fälle, da der Körper  $A$  noch nicht völlig hart ist, und deshalb die Wirkung immer noch einigen Zeitverlauf  $t$  einnimmt, dann der Druck nicht so einfach durch das Product  $X \cdot \frac{t}{1}$  aufgezählt werden könnte, sondern  $X$  als Function von  $t$  erst zu bestimmen, und dadurch statt  $Xt$  dann ein etwas anderes  $\int X dt$  zu finden wäre: so ist doch auch für dieses letztere Integral einleuchtend, daß der Druck  $X$  endlich bleibt, so lange  $t$  noch nicht unendlich klein, also der Körper von einem völlig harten Körper *nicht* unendlich *wenig* abweichend ist; so daß nun der unendlich große Druck als ein letztes Glied in der stetigen Reihe solcher  $X$  erscheint, die immerfort größer und größer werden, je kleiner  $t$  wird, und für völlig harte Körper, bei welchen  $t = 0$  geworden ist, ihren unendlich großen Werth völlig erreicht haben.

Hiermit ist nun auch der unendlich große Gegendruck einer *absoluten Undurchdringlichkeit* der Materie als möglich, selbst auch durch

das Gesetz der Stetigkeit, als Gesetz der Methode, erwiesen; denn er macht ja, in der Vorstellung einer völlig harten Körperform betrachtet, ein letztes Glied in einer stetigen Reihe aus, deren sämtliche Glieder durch *dieses* methodisch ideale Gesetz der Stetigkeit als möglich erweisbar sind, allerdings aber eine Reihe von solchen *Drückungen* ausmachen, welche dem verewigten Philosophen als wahre Ursache vieler Geschwindigkeitsveränderungen, wegen seiner irrigen Phoronomie beinahe gänzlich unbemerkt, und wirklich völlig unbenutzt geblieben sind \*).

\*) Von dieser letzten Behauptung, kann ich versichern, daß sie durch meine Widerlegung der Kant'schen Phoronomie, und durch die ebenfalls von mir dargestellte Lücke zwischen seiner Phoronomie und Mechanik einleuchtend erwiesen ist.

V.

**Nachrichten**

**von einem Meteorsteine, der am 15. April 1812 zu  
Erxleben, zwischen Magdeburg und Helmstedt,  
herabgefallen ist.**

**Professur HAUSMANN in Göttingen**

**und dem**

**Director VIETH in Dessau.**

**I.**  
Am 15. April um 4 Uhr Nachmittags, bei stiller  
Luft und heiterem Himmel, vernahm man in den  
Gegenden von *Helmstedt* bis *Magdeburg* einen  
starken, einige Secunden nachhallenden Schlag,  
den zu *Magdeburg* Einige für einen fernen, hefti-  
gen Kanonenschuß, Andere für die Explosion ei-  
nes Pulverwagens hielten. Zu *Erxleben* wurde der  
Schlag am stärksten gehört. Auch soll an diesem  
Orte von einigen Personen zugleich ein Blitz be-  
merkt worden seyn. An der Stelle, woher der  
Knall am heftigsten geschallt, entdeckte bald dar-  
auf ein Hirt ein frisch eingeschlagenes, tiefes Loch,  
und in demselben einen Stein von ungewöhnlicher  
Schwere und der Größe eines kleinen Kinderkopfs.  
Von diesem Steine habe ich durch die Güte des



Herrn Postsecrétaires von Drake zu Magdeburg ein schönes Stück erhalten, welches sich durch seine äußeren Merkmale als ein ächter *Aërolith* bewährt.

Das absolute Gewicht dieses Stücks beträgt genau 200 Gramme. Mehrere Seiten desselben zeigen frischen Bruch, an ein Paar andern hingegen stellt sich noch die natürliche Oberfläche mit ihrer charakteristischen Kruste dar. Aus der Gestalt der Oberfläche ist ersichtlich, daß das Stück keine vollkommene Kugel, sondern stumpfeckig war. Uebrigens zeigt die Oberfläche eine Menge kleiner Vertiefungen und körnerförmiger Erhöhungen. Die Kruste ist von nicht meßbarer Stärke. Sie besitzt eine rufsbraune Farbe, und ist theils matt, theils schwach schimmernd. Auf dem frischen Bruche ist der Stein rauh und im Anfühlen scharf. Aus der Ferne gesehen, erscheint er aschgrau, im Ganzen matt, mit vielen sehr kleinen, glänzenden Punkten. In der Nähe, besonders mit bewaffnetem Auge betrachtet, zeigt er sich als ein feines und gleichförmiges Gemenge von hauptsächlich zwei wesentlich verschiedenen Substanzen. Sehr kleine krySTALLINISCHE Körner gediegenen, vielleicht Nickel-haltenden *Eisens* verrathen sich durch ihre stahlgraue Farbe und ihren starken Metallglanz. Mit diesen verbunden ist eine theils rauchgraue, theils graulich weiße, anscheinend splittrige und wenig glasglänzende Substanz, welche einige Aehnlichkeit mit Quarz zeigt. Hin und wieder scheinen sehr kleine Schwefelkies-

Kryftalle beigemengt zu feyn; und an einigen Stellen bemerkt man auch noch eine nicht zu beftimmende fchwarze kryftallinifche Subftanz. Das Gemenge ift überaus feft und fchwer zerfprenghar. Es ritzt das Glas und giebt am Stahle Funken. Die metallifchen Theile find hämmerbar und äußern eine ftarke Wirkung auf den Magnet, indem fie nicht allein fchon aus einiger Ferne die Nadel beunruhigen, fondern auch ftark angezogen werden. Polarität ift an dem unterfuchten Stücke nicht zu bemerken.

In kleinen Splittern vor dem Löthrohre für fich behandelt, kommen die Eifenkörner fogleich in Fluß, und hüllen in Gestalt einer dem Magnete folgfamen fchwarzen Schlacke (als Eifenoxydul) die übrigen Gemengtheile ein, welche übrigens keine Veränderung erleiden, aber im Boraxglafe langfam aufgelöst werden, ohne daffelbe zu färben.

Nach den von dem Herrn Prof. Stromeyer und mir gemeinfchaftlich angeftellten Verfuchen ift das eigenthümliche Gewicht des Steins, mit Berücksichtigung der Temperatur des Waffers und des Barometerftandes, nach der von Tralles angegebenen Correctionsmethode, = 3,6038. \*)

Göttingen  
den 4. Mai 1812.

Hausmann,  
Professor.

\*) Sie werden nächstens die Resultate der Analyfe diefes Meteorfteins von Erleben erhalten, des erften, welcher bisher in unfrem nördlichen Deutschland beobachtet worden ift. Hr. Prof. Stromeyer befchäftigt fich mit ihr. Der Stein ift fehr ausgezeichnet durch feine *Feftigkeit* und feinen großen Gehalt an metallifchem Eifen. H.

## H. Authentisches Protocoll.

Eimersleben den 9. Mai 1812 \*).

Ueber die am 15ten vorigen Monats in hiesiger Gegend beobachtete Luftererscheinung, und den zwischen hier und Eimersleben gefallenen Meteorstein, wurden im hiesigen Friedensgerichte folgende Personen vernommen, welche ihre Wahrnehmungen folgendergestalt angaben.

1) Der Kossate Andreas Perlitz hieselbst, 56 Jahre alt:

„Ich pflügte am 15ten vorigen Monats zwischen hier und Eimersleben. Zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags hörte ich auf einmal einen Schall, wie von mehreren schnell hintereinander abgefeuerten Kanonen, und darauf ein Gerolle, welches sich am besten mit einem kleinen Gewehrfeuer vergleichen läßt. Hierauf folgte ein Gefaule in der Luft, welches mir immer näher kam, und es kam mir vor, als wenn dicht über mir etwas hinflög, so daß ich mich noch bückte, um nicht davon getroffen zu werden, und gleich darauf erfolgte ein Schall, als wenn ein schwerer Körper mit Gewalt auf die Erde schlug. Ich und der Kossate Herzberg gingen nun mit dem Schäferknecht Dörge aus Eimersleben, welcher in der Gegend hütete, nach dem Orte hin, wo nach unserer Meinung der Schlag auf die Erde geschehen seyn mußte, und wir fanden daselbst ein

\*) Im Protocoll stand den 9. April, welches aber ein Schreibfehler ist. Das Phänomen erfolgte den 15. April, und das Protocoll wurde am 9. Mai aufgenommen. *Fleth.*

ganz frisches Loch wie zwei Fäuste groß, welches schräg von Südost nach Nordwest ging. Der Schäferknecht Dörge grub hierauf mit seinem Hirtenstock, und traf auf einen Stein, welcher herausgenommen und in einem nahen Sumpfe abgewaschen wurde. Dieser Stein lag  $\frac{3}{4}$  bis 1 Elle tief.

2) Der Kossate Christoph Herzberg, 38 Jahre alt, stimmte in seiner Angabe überall dem Kossaten Perlitz bei, und bemerkte noch, daß seine Pferde von dem Donner und dem Geräusch in der Luft scheu geworden seyn. Perlitz sagte, er sey etwa 50 Schritt, und Herzberg, er sey etwa 100 Schritt von dem Loch entfernt gewesen.

3) Der Schäferknecht Heinrich David Dörge zu Eimersleben, 20 Jahre alt, stimmte in Ansehung des Donners und des Getöses in der Luft völlig mit den Angaben der beiden vorigen überein, und führte noch besonders folgendes an: „Ich war mit meinen Schafen etwa 50 Schritte von der Stelle entfernt, wo wir das frische Loch in der Erde fanden, und dasselbe hatte ganz die Richtung, wie der Perlitz und Herzberg es beschrieben haben. Ich suchte mit meinem Schäferstocke nach, und traf auf einen Stein, welcher etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Fuß tief in der Erde steckte, welchen wir herausnahmen und in einem nahen Sumpfe abwuschen.“

Alle drey Componenten führten nun noch an:

1. Daß der Himmel ganz heiter gewesen, und die Sonne sehr warm geschienen habe. Vom Morgen nach dem Mittag habe eine lange schmale röth-

liche Wolke gestanden, über und unter derselben sey es ganz helle gewesen. Diese Wolke sey nach der Erscheinung noch einige Zeit sichtbar gewesen; bald nach 5 Uhr aber sey dieselbe gänzlich verschwunden gewesen.

2. Der Donner und das Gerassel sey halb aus Osten und Süden gekommen, und gerade in der Richtung, wie das Loch in der Erde gefunden worden.

3. Der Wind sey nur schwach gewesen und aus Nordwest gekommen.

4. Das Loch in der Erde sey, wie man ganz deutlich gesehen habe, ganz frisch gewesen, indem, wenn es nur einige Stunden vorher entstanden wäre, es schon umher betrocknet gewesen seyn müßte.

5. Eine Wärme sey an dem Steine gar nicht zu bemerken gewesen; wobey noch zu bemerken sey, daß die Stelle etwas niedrig liege, und sogleich, als der Dörge mit seinem Schäferstock gelücht, Wasser gekommen sey.

6. In der hiesigen Gegend finden sich dergleichen Steine sonst gar nicht, und besonders zeichnet sich dieser von den übrigen Feldsteinen durch seine schwärzliche Farbe und seine Schwere aus.

7. Der Stein habe in derselben Richtung gelegen wie das Loch gewesen, nämlich schräge und mit dem dicken Theile oben.

8. Alle drei erkannten den ihnen jetzt wieder vorgezeigten Stein für denjenigen an, welchen sie in der angegebenen Art am funfzehnten vorigen Monats aus der Erde geholt hätten.

9. Bemerkten die Comparenten, daß der Stein etwa eine Vierteltunde nachher, nachdem sie den Fall gehört, aus der Erde genommen sey.

Der Herr Doctor Wiedemann hieselbst, der bei dieser Vernehmung zugegen war, führte noch an, daß er diesen Stein gewogen und die ganze Schwere desselben vier und ein halb Pfund befunden habe.

Sämmtliche Comparenten haben die ihnen vorgelesene Verhandlung genehmigt und unterschrieben.

Dr. Wiedemann.

Andreas Perlitz.

Christoph Herzberg.

Heinrich David Dörge.

\* Sellund, \* Allalz.

Obiges Protocoll ist mir heute durch den Herrn Grafen von Alvensleben im Original mitgetheilt und genau und wörtlich von mir abgeschrieben worden.

Dessau, d. 15. Mai 1812.

Vieth.

### III. Nachschrift.

Die erste Nachricht obiges Phaenomen betreffend, welche ich erhielt, war, daß ein Paar Personen, die ich aber nicht selbst darüber gesprochen habe, eine Feuerkugel hier bei Dessau von Südost nach Nordwest hätten fliegen sehen.

Dann erzählte mir der Amtmann Nahde aus Preislitz (hinter Cöthen), daß man dort am Mittwoch den 15. April einen starken wiederholten Knall gehört habe.

\*) Diese Namen sind im Original unleserlich. Wahrscheinlich sind es die des Friedensrichters zu Erxleben und seines Adjoint, welche wegen der einsichtsvollen Art, mit der sie das Protocoll aufgenommen haben, den Dank der Physiker verdienen.

Dasselbe erfuhr ich den folgenden Tag von meinem ältesten Sohne, der sich in Wörlitz aufhält, wo man ebenfalls den Knall gehört hatte.

Das Gerücht sagte, es sey in Egeln ein Pulverwagen aufgefliegen, gerade wie man zu Charfönville glaubte, es sey zu Blois ein Artilleriepark aufgefliegen (*Annal.* 1812. 1. S. 84.). Aus der Nachricht von der Feuerkugel und dem, der Zeit nach damit zusammentreffenden Knall, liefs sich aber leicht vermuthen, dafs beide zusammen gehörten, und das bestätigte sich denn auch bald, durch die Nachricht, dafs bei Erxleben (hinter Magdeburg) ein Stein aus der Luft gefallen sey. Der Kammerherr von Hagen hier in Dessau machte mir Hoffnung, diesen merkwürdigen Stein zu bekommen; ich bat, mir zugleich ein Protocoll darüber mit zu verschaffen. Hierauf erhielt ich am 11. Mai ein kleines Stück des Steins und am 15. Mai das darüber aufgenommene Protocoll, welches ich so eben mitgetheilt habe.

Die Beschreibung des Getöses ist ganz wie gewöhnlich, besonders beinahe gleichlautend mit der in der wahrhaften Communication von dem Meteorstein in der Ortenau 1671 Febr. 25. (*Annal.* 33. B. S. 185.)

Die Beschaffenheit des Erdreichs, in welches der Stein einschlug (fast von allen liest man ungefähr anderthalb Fuß) und das äufsere Ansehen des Steins hätten wohl einigermafsen beschrieben werden können.

Das Stück, welches ich davon erhielt, ist in den meisten Merkmalen allen andern Meteorsteinen ähnlich.

1. Form und Größe, wie in der hiebei erfolgenden Figur. Die etwas convexe unebene Fläche a a schien äußere Oberfläche des Steins zu seyn, wegen ihrer stumpfen Unebenheiten, b b aber war ein Bruch.



1. Gewicht in freier Luft	147 Gran
Gewicht im Wasser	101 Gran
Verlust an Gewicht	46 Gran

$$\text{Allo specif. Gewicht} = \frac{147}{46} = 3.2$$

3. Gemengtheile sah man mit bloßem Auge und mit dem Mikroskop vorzüglich dreierlei, weiße, schwarze und glänzende, die zusammen eine aschgraue Farbe der ganzen Masse machten, wie bei allen Meteorsteinen. Adern waren in dem Stücke nicht zu bemerken; alles war ein fein körnichtetes Aggregat, sehr fest, und härter, als es dem ersten Anblick nach schien. Ich glaubte beim sandartigen Anfühlen die Spitze bei a\* mit den Händen abbrechen zu können, allein ich war es bei weitem nicht im Stande. Die wie Glimmer glänzenden Punkte waren durch die ganze Masse sehr häufig.

4. Am Stahl gab der Stein zwar keine Funken, so oft ich es auch an verschiedenen Stellen versuchte, es entstand vielmehr immer nur eine metallisch glänzende glatte Stelle an dem Rande, da wo der Stahl ihn getroffen hatte; aber Glas wurde durch



einige Spitzen des Bruchrandes sehr merklich geritzt.

5. Merkwürdig schien es mir, daß das Stück gar keine schwärzliche verschlackte Rinde hat, wie sonst, so viel ich weiß, alle gehabt haben; ob der Stein im Ganzen dergleichen hatte, habe ich nicht erfahren \*). Sollte dies mit der Bemerkung des Landmanns zusammen gehören, daß der Stein keine Wärme gezeigt hat, oder war er in feuchtem Boden während der Viertelstunde abgekühlt?

6. Auf eine empfindliche Magnetnadel wirkte das Stück Meteorstein sehr stark. Man konnte eine kleine zweizöllige Nadel durch 60 Grad damit herumziehen, wenn man den Stein auf dem Glasdeckel der Bouffole hin und her bewegte.

7. Ein kleines Stück mit einem Hammer von der Spitze bei a\* abgeschlagen, wurde zerstoßen und einigen chemischen Untersuchungen unterworfen, die ungefähr eben das gaben, was schon oft genug bei andern gefunden ist. Besonders viel Schwefel-Wasserstoffgas entwickelte sich beim Aufguss der Salzsäure. Die beträchtliche Menge glänzender Punkte liefs schon auf einen ziemlichen Antheil von Schwefelkies schließen.

Dessau, d. 15. Mai 1812.

Vieth.

\*) Hr. Prof. Hausmann bemerkte an dem Stücke des Meteorsteins, welches ihm übersickt wurde, Theile der Rinde (vergl. I.); auch wird in dem Protocoll unter 6 angegeben, der Stein habe schwärzlich ausgesehn. G.

## VI.

*Einige Zusätze und Berichtigungen zu der unter II. mitgetheilten Notiz, des Ptolemäus Optik betreffend;*

vom

Prof. MOLLWEIDE in Leipzig.

Als Veranlassung dieser Notiz wird eine Stelle in der *Mécanique céleste* des Herrn La Place angegeben, worin derselbe der Optik des Ptolemäus nach einer lateinischen Handschrift auf der Kaiserlichen Bibliothek erwähnen soll. In der *Mécanique céleste* kommt die Stelle nicht vor, sondern in der *Exposition du système du monde*, und zwar p. 308 der zweiten Ausgabe. Denn p. 347 der dritten Ausg. geschieht da, wo von des Ptolemäus Optik die Rede ist, des Manuscripts keine Erwähnung.

Was die Behauptung Montucla's betrifft, daß Alhazen aus Ptolemäus Optik geschöpft habe, welches Hr. Delambre läugnet, so scheint der Umstand, daß Alhazen des Ptolemäus nicht erwähnt, kein Grund für diese letztere Meinung zu seyn. Vielmehr, wenn man den Gang, den die Wissenschaften bei den Arabern genommen haben, und daß die Griechen in allen andern Zweigen der Mathematik ihre Lehrer gewesen sind, in Erwägung zieht, so wird man sehr geneigt seyn, das auch in Rücksicht der Optik anzunehmen. In wiefern bei wissenschaftlichen Sätzen und Lehren eine Tradi-

tion Statt haben könne, lasse ich dahin gestellt seyn.

Hr. Delambre hat verschiedene Schriftsteller angeführt, welche keine Kenntniß von Ptolemäus Optik gehabt haben, seinen eigenen Landsmann Dechales aber, der allerdings etwas davon gewußt hat, übersehen. Denn dieser erwähnt Tom. I. p. 66. seines *Mund. mathem.*, der aus dem Griechischen gemachten Uebersetzung eines Ungenannten von des Ptolemäus Werkchen über die Spiegel, und zwar, wie es scheint, aus eigener Ansicht derselben. — Die von Fabricius in der von dem Hrn. Herausgeber der *Annal.* nachgewiesenen Stelle der *Biblioth. Graeca* angeführten ältern Schriftsteller, welche der Optik des Ptolemäus erwähnen, sind: Heliodor (oder Damian) von Larissa in seinem Buche über die Optik, und Simplicius in seinem Commentar über des Aristoteles Schrift vom Himmel. Ersterer gedenkt ihrer bei der Lehre von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichts. Der griechische Titel *ὀπτική πραγματεία* sagt so viel als *tractatus opticus*. Ob der griechische Text je in dem Occidente vorhanden gewesen, ist eine Frage. Baco hat ihn gewiß nicht vor sich gehabt. Dafs Regiomontan im Besitz desselben gewesen sey, ist mir deswegen unwahrscheinlich, weil sonst wohl in dem von Tanstetter bekannt gemachten Verzeichnisse seiner sowohl gedruckten als ungedruckten Schriften, bei der Aufzählung von Ptolemäus Perspectiv etwas angemerkt seyn würde, was darauf hindentete, wie es bei dem Almagest und der Geographie des Ptolemäus der Fall ist, welche Regiomontan aufs Neue übersezt (*ex nova traductione*) ediren wollte. Der Herausgeber der *Perspectiva communis* (man s. die Note des Hrn. Prof. Gilbert S. 375) glebt in seiner Notiz von der Optik

*Annal. d. Physik. B. 40. St. 4. J. 1812. St. 4. H h*

des Ptolemäus, (welche Ambrosius Rhodius in der Vorrede zu seiner im J. 1611 zu Wittenberg herausgegebenen Optik wiederholt hat,) den griechischen Titel derselben unrichtig an, welches vermuthen läßt, daß die von ihm anderswoher entlehnte Nachricht nicht auf Ansicht des griechischen Originals gegründet ist. Uebrigens müssen Exemplare der Ptolemäischen Optik oder vielmehr des Stücks derselben, welches von den Spiegeln handelt, in jenen Zeiten nicht so selten gewesen seyn. Denn der ältere Scaliger führt in seinem Werke *de Subtillitate*, Exercitt. 81. 1, und 298. 2. die Schrift des Ptolemäus: *de Speculis*, als eine dem Cardan sehr wohl bekannte an.

In Betreff der lateinischen Handschrift, welche sich, nach dem von Heilbrönnner und Montucla angeführten Catalog der Bodleischen Bibliothek zu Oxford, in derselben befindet, merke ich an, daß noch mehrere Manuscripte der Ptolemäischen Optik in den dortigen Bibliotheken vorhanden seyn müssen. Denn in der von Thom. Smith bekannt gemachten *Synopsis* \*) von ältern griechischen, lateinischen und arabischen Mathematikern, welche Ednard Bernard, Savilischer Prof. der Astronomie zu Oxford und Zeitgenosse des bekannten Mathematikers Wallis, in 14 Bänden ediren wollte, findet sich unter den Schriften, welche den 1ten Band einnehmen sollten, auch aufgeführt: *Ptolemaeus vel Veterum alius de Speculis ex edit. et ex MSS. una cum commentario MS. in bibliotheca Sautiana*. Es erhellt hieraus zugleich, daß von dem Theile der Ptolemäischen Optik, welcher die Spiegel betrifft, wirklich ein Abdruck gemacht

\*) Man findet solche vollständig in Fabricii *Bibl. Graeca* Lib. III. c. 23. und abgekürzt in Scheibel's Einleitung zur mathem. Bücherkenntniß 6tes St.

und in Umlauf gewesen ist, welches mit dem, was die vorhin angeführten Stellen des Dechales und Scaliger schliessen lassen, übereinkommt \*).

Ich will nun noch zur Vergleichung mit dem, was Hr. Delambre, von dem Inhalte der Ptolemäischen Optik mitgetheilt hat, einiges aus Baco's Perspectiv beybringen, der sich äusserst häufig darauf bezieht, und ihr das Lob beilegt, daß sie zwischen der zu grossen Kürze des Euklid und Jacob Alkind's und der übermäßigen Weiterschweifigkeit Alhazen's einen schicklichen Mittelweg nehme. Die Ausgabe der Perspectiv, welche ich dabei gebraucht habe, ist die Combach'sche, Frankf. 1614, doch habe ich nicht unterlassen, die in dem *Opus maius* P. V. enthaltene Abhandlung der Perspectiv, als welche meistens die bessere Leseart hat, stets zu vergleichen.

*P. I. Dist. I. c. 3.* Von dem sinnlich Erkennbaren, welches entweder durch einen Sinn ausschliesslich oder durch mehrere gemeinschaftlich aufgefaßt wird. Das Gesicht urtheilt allein über Licht und Farbe. Ausserdem mit andern Sinnen gemeinschaftlich über Entfernung, Lage, Körperlichkeit, Figur u. s. w., in allen 22 Arten des Sichtbaren. Unter diese läßt sich alles übrige bringen. Dies erhellt aus dem 1sten B. des Ptolemäus von der Optik, dem zweiten des Alhazen, u. a. — Bei den vorhin angegebenen 20 Arten des Sichtbaren (Licht und Farbe abgerechnet) concurriren, nach Ptolemäus im 2ten B. der Perspectiv, Gefast und Gesicht.

*Dist. VII. c. 2.* wird die Frage untersucht, ob das Auge beim Sehen thätig sey, und bejaht. Daß die Wirkung der Sphekrast sich bis zur gesehenen Sache

Hh 2

\*) M. f. den Nachtrag hierzu.

örstrecke, wird erst mit einem Auspruche des Aristoteles belegt. Dann heist es weiter: Auch Ptolemäus in seinem Buche von der Optik, welcher früher als Alhazen diese Wissenschaft abhandelte, die dieser von ihm überkommen und vorgetragen hat, nimmt überall an, daß vom Auge Sehestrahlen bis zu dem gesehenen Gegenstande ausgehen.

*Dist. VIII. c. 1.* Von den außer dem Abbilde (*specie* \*) erforderlichen Bedingnissen zum Sehen. Das erste ist Licht; selbst Farbe wird nicht ohne Licht wahrgenommen. Die Ursache davon kann seyn: erstlich, nach Avicenna, weil die Farbe in der Finsterniß nichts reelles hat, oder zweytens, nach Alhazen, weil sie, wenn sie auch in der Finsterniß real ist, in derselben kein Abbild wirken kann, oder drittens, nach eben dem Alhazen, weil sie, wenn sie auch ein Abbild hervorbringen kann, auf das Sehorgan nicht wirkt und eine Veränderung darin macht, so daß der Act des Sehens entsteht. Das erste widerlegt Ptolemäus im 1ten B. der Perspectiv, indem er sagt: wenn es sich so verhielte, so würden jegliche zwey Sachen, die einerley Lage gegen das Licht und Gesicht haben, in einerley Farbe erscheinen, wovon wir aber das Gegentheil wahrnehmen, bey verschiedenen Dingen beynahe zu gleicher Zeit, bey einerley Sache zu verschiedenen Zeiten, z. B. bey dem Chamäleon, der seine Farbe nach den Umgebungen ändert, und bey einem, der aus Scham erröthet und vor Furcht blaß wird, wiewohl der Gegenstand immer dieselbe Lage gegen das Licht behält.

\*) An das Bild auf der Netzhaut ist hierbey nicht zu denken. Das Abbild ist ein von dem sinnlichen Gegenstande ausgehender, reinerer, dünner, von dem Groben der Materie freyer, Ausfluß — eine *qualitas spiritalis* oder *intentionalis*. M. vergleiche, was Hr. von Göthe Farbenlehre II. S. 267. von den intentionellen Farben sagt.

*Dist. IX. c. 1.* Das fünfte Bedingniß zum Sehen ist, daß das Object, was gesehen werden soll, die Luft und den Aether (*caelum*) an Dichtigkeit übertreffe. Wir sehen deswegen das Wasser so gut, weil es dichter ist, als die Luft. — Indels muß man merken, was Ptolemäus im 1ten B. der Perspectiv sagt, daß wir die Luft und den durchsichtigen Aether von weitem und in einer großen Entfernung, obwohl nicht in der Nähe, wahrnehmen. Denn bey einer großen Entfernung häuft sich von dem Durchsichtigen viel an, und verhält sich alsdann gegen das Gesicht, wie das vollkommen Dichte in einer geringen Entfernung.

*P. II. Dist. I. c. 1.* Von dem Einflusse der Beschaffenheit des Auges auf das Sehen. Die, welche tief liegende (*profundos*) Augen haben, sehen weiter, als die, welche hervorstehende (*prominentes*) haben. Der Grund davon ist dreyfach. Der dritte ist, weil, wenn das Auge tiefer in der Knochenhöhle mehr bedeckt ist, die Sehkraft mehr gesammelt \*) und vereinigt wird, so daß sie einen engern und geradern Weg zu der gesehenen Sache nimmt, und weniger zerstreut \*) und ausgebreitet wird, und so in den Ort der Sehpyramide dringt. Deswegen pflegt man, wenn man etwas in der Ferne genau ansehen will, die hohle Hand vor das Auge zu legen, damit die Sehkraft mehr gesammelt und weniger zerstreut werde. — Ptolemäus sagt dies ausdrücklich im 2ten B. der Optik mit folgenden Worten: Die, welche hohle Augen (*concauos*) haben, sehen mehr in die Ferne, wovon der Grund die Sehkraft ist, welche durch das Zusammenhalten (*cohabitationem* im Griechischen wird *συνοχην* gestanden haben), das ist,

\*) *Congregare* — *dispergere* (*disgregare*): im Griechischen *συγκενναι* — *διασπενναι*. M. I. Göthes Farbenlehre II. S. 113.

durch das Sammeln und Vereinigen und durch die Enge des Orts entsteht. — Nächst diesem ist zu untersuchen, warum viele Alte, wenn sie die Sachen deutlich sehen wollen, z. B. wenn sie lesen, besser in der Ferne, als in der Nähe sehen. Denn sie halten die Sachen, welche sie sehen wollen, weit von sich ab. Als Ursache davon giebt Ptolemäus im aten der Persp. die viele Feuchtigkeit, die sich in ihren Augen findet, an. Alte Personen nämlich haben viel zufällige Feuchtigkeiten (die nicht zum Sehen erforderlich sind, wie die wässrige, krySTALLENE und gläserne) im Ueberfluß. Ist nun die Feuchtigkeit in mäßiger Quantität vorhanden, so wird die Sehekraft bey dem Hindurchdringen durch dieselbe schnell frey, und man sieht bald eine nahe kommende Sache deutlich, wenn aber viel zufällige Feuchtigkeit da ist, so wird die Sehekraft aufgehalten und nicht so schnell frey: deswegen muß die Sache weiter vom Auge abstehen, ehe sie deutlich gesehen werden kann.

*Dist. III.* Von der dreyfachen Art des Sehens in Rücksicht der acht nothwendigen Bedingnisse. — c. 1. Licht und Farbe werden allein durch den bloßen Sinn wahrgenommen und es entsteht dabey kein Irrthum, wenn jene acht Stücke ihr gehöriges Maas halten. — Ptolemäus zeigt im aten der Perspect., daß verschiedene Farben aus einem zweifachen Grunde als eine einzige erscheinen. Der eine ist: bey einer Sache von verschiedenen Farben zeigt sich nur eine wegen der zu großen Entfernung, so daß der Winkel, welcher die ganze Sache faßt, nicht die gehörige Größe hat. Wenn aber die einzelnen Winkel, welche die verschiedenen Farben fassen, unmerklich sind, so bewirkt die Zusammendrängung der nicht zu unterscheidenden Theile, daß die Farbe der ganzen Sache eine und anders ist,



als der einzelnen Theile. Ein anderer Grund ist: bey der schnellen Bewegung einer Sache, z. B. einer mehrfarbigen Scheibe, kann, weil ein und derselbe Sehsirahl nicht auf einer und derselben Farbe verweilt, (indem die Farbe sich ihm durch die schnelle Bewegung entzieht, und er so auf alle Farben fällt,) solcher nicht unter der ersten und letzten unterscheiden, noch unter denen, welche auf der ganzen Scheibe sind, sondern sie erscheinen als eine einzige, die gleichsam aus allen gemischt ist. — c. 5. 6. Von der Art, wie wir durchs Gesicht Begriffe von der GröÙe bekommen. — Daß die Sterne aus einem immerwährenden Grunde bey'm Aufgange und Untergange größer erscheinen als im Meridian, sagt Ptolemäus im 3ten und 4ten und Alhazen im 7ten, und kann daraus bewiesen werden, daß, wenn wir nach Morgen oder Abend blicken, der Himmel uns wie eine flache, über unserm Haupte ausgespannte und nach Morgen und Abend zu gedehnte Decke vorkommt \*). — *cap. VII. Vom Funkeln oder Blinkern der Fixsterne.* Der Grund davon ist ein durch Anstrengung des Auges wegen der großen Ent-

\*) Baco sagt nachher: die Entfernung der Himmelskörper, wenn sie im Aufgehen sind, wird durch die dazwischen liegende Erdoberfläche erkannt, dies kann aber nicht geschehen, wenn sie in der Mitte des Himmels sind, wegen der Unberkbarkeit der Luft. — *P. III. Dist. II. c. 4.* gedenkt er der Vergrößerung der auf- und untergehenden Sonne und des Mondes durch die Dünste in der Nähe des Horizonts, von welcher auch Ptolemäus *μυαλ. ευρ. L 3.* handelt, unterscheidet sie aber sehr wohl von der vorhin gedachten, indem er sagt: die Ursache derselben sey eine temporelle. Uebrigens kommt das, was ein neuerer scharfsinniger Philosoph und Mathematiker, der verstorbene Hofprediger Schulze in Königsberg, in seinem kurzen Lehrbegriff

fernung bemerktes Zittern desselben. Ptolemäus giebt dies als die Ursache im 2ten der Perspectiv an. Weil auch das Auge Sonne und Sterne im Horizonte für entfernter schätzt, so strengt es sich stärker an und geräth in eine zitternde Bewegung, und hiernach läßt sich der adäquate Grund auffinden, warum die glänzenden Planeten, wie vorzüglich die Sonne, der Mond, Venus, Merkur und Jupiter sind, nicht funkeln, weil nämlich das Gesicht sie richtig schätzt, und sie also für näher hält, dem zufolge, was Ptolemäus im 2ten B. der Opt. sagt, daß glänzende Körper, wie Sonne und Mond, für näher gehalten werden; weniger glänzende aber nicht.

*Op. Maj. P. IV. Dist. IV. c. 2.* Wenn Jemand durch solche Instrumente, womit wir die bey den himmlischen Körpern vorkommenden Bestimmungen erforschen, dergleichen Armillen heißen, oder andern, den Ort eines Sterns in der Nähe des Aequators bey seinem Aufgange und dann wieder, wenn derselbe in die Mittagsfläche kommt, bestimmt, so wird er finden, daß solcher in seiner Culmination merklich weiter vom mitternächtigen Weltpole absteht, als bey seinem Aufgange. Daher sieht das Gesicht den Stern auf verschiedene Weise zu verschiedenen Zeiten; denn wenn es ihn auf einerley Weise sähe, so würde es ihn immer an demselben Orte finden. Allein wenn der Stern in der Mittagsfläche ist, so nähert er sich dem Zenith oder

der mechanischen und optischen Wissenschaften S. 45. als Ursach angiebt, warum wir den Horizont für entfernter halten, als das Zenith, so ziemlich auf dasselbe hinaus, was Ptolemäus nach Hrn. Delambre's Anführen dafür ansieht. Nach beiden nämlich liegt der Grund der Verschiedenheit des Urtheils in der Gewohnheit.

Scheitelpuncte des Beobachters, deswegen fallen die Strahlen senkrecht auf und ins Centrum der Welt, und werden deswegen nicht gebrochen, und das Gesicht sieht daher den Stern durch gerade Linien an seinem wahren Orte. Wenn also das Gesicht bey dem Aufgange des Sterns irrt, so sieht es denselben nicht durch senkrechte Linien, weil der Stern weit vom Zenith absteht, und deswegen fallen die Strahlen unter schiefen Winkeln auf, welches der Grund ist, warum sie gebrochen werden, und deswegen sieht das Gesicht durch gebrochene Linien und irrt im Orte des Sterns. So weist aber Ptolemäus im 5ten B. von der Optik und Alhazen im 7ten die Sache zu untersuchen an.

---

### N a c h t r a g.

Bey der von Combach besorgten *Perspectiva Baconis* befindet sich noch ein *Tractatus de Speculis*, welchen Baco zur Erläuterung einer Stelle in seinem *Op. maj.* mag aufgesetzt haben. *P. IV. Dist. II. c. 2.* sagt er nämlich: *Si ergo speculum concavum sphaericum ad solem ponatur, concurrunt radii infiniti in punctum unum per reflexionem. Et ideo oportet, ut speculo concavo ad solem posito ignis accendatur, sicut dicit ultima propositio libri de speculis et ibidem demonstratur.* Und der Tractat fängt so an: *Ex concavis speculis ad solem positis ignis accenditur.* (Dies ist gleichsam der zu erläuternde Text) *Haec ultima propositio libri de speculis communibus sic demonstratur ibidem.* Vielleicht ist das ganze nun Folgende genommen, theils aus der von Dechaies und Scaliger angeführten Schrift des Ptolemäus von den

Spiegeln (Dechales sagt nämlich ausdrücklich, das zweyte Buch handle *de speculis concavis*, und die Stelle in Cardan's Buche *de Subtilitate*, welche Scaliger an dem zuerst angeführten Orte im Sinn hat, handelt auch vom Brennen mittelst der Hohlspiegel;) theils aus der dem Archimed beygelegten Schrift *de speculis comburentibus* (diesem steht das vorige *communibus* entgegen), worüber *Fabricii Biblioth. Graec. Lib. III. c. 22.* und *Montucla's Hist. des mathem. Tom. I. p. 236.* zweyte Ausg. nachzusehen sind. Doch darüber Gewisheit zu geben, müßte einem der Gebrauch einer so reichen Bibliothek, als wie Hr. Delambre benutzen darf, frey stehen.

